

ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CVII.

ANNALEN

DES

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XLII

ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

VIERTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

SIEBENZEHNTER BAND.

NEBST VIER KUPPERTAFELN.

LEIPZIG, 1859.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.

11

1

st
h

A
P
d
e
d
M
N
ri
w
m
w
tr
d
b
d
b
a
v
s
s
S
M

I. *Ueber eine neue Art elektrischer Ströme; von*
G. Quincke.

1. Wenn reines Wasser durch einen porösen Körper strömt, so entsteht ein elektrischer Strom. Diese Thatsache habe ich durch folgende Versuche gefunden und festgestellt.

Zwischen den abgeschliffenen Rändern zweier Glasröhren *A* und *B* (Fig. 1, Taf. I) von 25^{mm} Durchmesser ist eine Platte aus gebranntem Thon mit Siegelack festgekittet. In die Wände der beiden Glasröhren sind zwei Platindrähte eingeschmolzen, an welche Platinplatten angenietet sind, und diese Platindrähte stehen mit den Enden eines empfindlichen Multiplicators von beiläufig 33000 Windungen und astatischem Nadelpaar in Verbindung, wie er zu Versuchen über thierische Elektrizität angewandt wird. Die Röhren *A* und *B* werden an den Enden enger, um bequemer die Verbindung mit anderen Glasröhren herstellen zu können. Der Apparat wird nun mit destillirtem Wasser gefüllt, wobei man Sorge trägt, daß keine Luft in der Thonplatte zurückbleibt. Wird dann, durch Saugen bei *B* oder durch irgend welchen Druck bei *A*, die Flüssigkeit in der Richtung von *A* nach *B* durch die Thonplatte getrieben, so beobachtet man in dem Augenblicke, wo die Flüssigkeitsströmung beginnt, einen Ausschlag am Multiplicator im Sinne eines elektrischen Stromes der von *A* nach *B* in der Flüssigkeit geht. Die von der Flüssigkeitsströmung zuletzt getroffene Platinplatte *B* verhält sich also wie die Platinplatte eines Grove'schen Elementes. Sobald die Wasserströmung aufhört, geht die Nadel des Multiplicators zurück und man beobachtet einen Polarisations-

tionsstrom im entgegengesetzten Sinne des primären Stromes und der Flüssigkeitsströmung.

Kehrt man die Wasserströmung um, und saugt bei *A*, so zeigt der Multiplicator einen elektrischen Strom, der in der Flüssigkeit von *B* nach *A* geht, an.

Da die hier auftretenden Ströme nur schwach sind, so können leicht Ungleichartigkeiten der Platinplatten elektrische Ströme hervorrufen, die auch ohne Flüssigkeitsströmung die Multiplicatornadel abgelenkt erhalten. Man kann dies dadurch vermeiden, daß man vor dem Einkitten der Thonplatte den ganzen Apparat mit heisser concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser reinigt, und dann, um die letzten Spuren von Säure, die noch an den Platinplatten haften, zu entfernen, dieselben noch längere Zeit mit destillirtem Wasser in Berührung läßt. Schliesslich wird der Apparat über einer reinen Alkoholflamme oder in der Ofenröhre getrocknet, um die Thonplatte einkitten zu können. Die Thonplatte würde sonst mit grosser Begierde Wassertropfen aufsaugen, der Siegellack an der Thonplatte nicht haften, und das Wasser sich zwischen der Thonplatte und dem Siegellack einen Weg suchen, anstatt durch die Poren der Thonplatte zu gehen. Wird dann der Apparat mit destillirtem Wasser gefüllt, so sind die Ungleichartigkeiten der Platinplatten, wenn überhaupt welche vorhanden sind, so gering, daß sie das höchst astatische Nadelpaar des angewandten Multiplicators nur um wenige Grade ablenken.

Da die Flüssigkeitsströmung bei dieser Einrichtung des Apparates die durch den Strom polarisirten Platinplatten aber auf ungleiche Weise trifft, so werden dadurch Ungleichartigkeiten herbeigeführt, die mich veranlaßt haben bei den folgenden Versuchen den Apparat so einzurichten, daß die Flüssigkeitsströmung die Platinplatten gar nicht traf.

Zu dem Ende wurden die Glasröhren *A* und *B* des Apparates Fig. 1, Taf. I an einem Ende geschlossen, und dann seitlich zwei engere Glasröhren *C* und *D* Fig. 2 zwischen dem offenen Ende der Röhren und den Platinplatten an-

gesetzt. Die Flüssigkeit an den Platinplatten blieb dann ungeändert, wenn Flüssigkeit durch *C*, das Diaphragma und *D* strömte.

Um jedoch nicht immer gezwungen zu seyn, die Platinplatten umständlich zu reinigen, wurden kleine Ungleichartigkeiten in folgender Weise compensirt, wie schon E. du Bois-Reymond bei physiologischen Versuchen gethan hat. Der Strom einer Daniell'schen Kette ging durch einen vertical ausgespannten Eisendraht, von welchem dann zwei Drähte, deren einer fest, der andere verschiebbar war, abgingen. Von diesen beiden Drähten war der eine mit der einen Platinplatte des »Diaphragmaapparates« (Fig. 2, Taf. I) in Verbindung, der andere mit dem entsprechenden Ende des Multiplicators, das sonst direct mit der Platinplatte in Verbindung stand. Ein kleiner Bruchtheil des Stromes des Daniell'schen Elementes ging dann also durch den Diaphragmaapparat und den Multiplicator, und zwar wuchs dieser Bruchtheil proportional mit der Länge des verticalen Eisendrahtes zwischen dem festen und beweglichen Drahte. Durch Verschieben des letzteren und durch Umkehren des Stromes des Daniell'schen Elementes konnte man dann leicht die Ungleichartigkeit der Platinplatten compensiren, so daß die Nadel des Multiplicators auf 0° einstand.

Mit einer Druckpumpe wurde nun, um auch größere Wassermengen durch Körper mit weiteren Poren, als die einer Thonplatte sind, treiben zu können, Luft in einem gläsernen Windkessel comprimirt, die dann auf die in dem Windkessel enthaltene Flüssigkeit drückte. Diese letztere wurde durch ein bis auf den Boden des Windkessels reichendes Glasrohr und eine Röhre aus vulkanisirtem Kautschuck und Hanf in den Diaphragmaapparat gedrückt. Die Kautschuckröhre war auf den Glasröhren mit seidener Schnur festgebunden und an den Enden noch mit Siegelack festgekittet, weil sonst der anhaltende Druck von Innen doch dem Wasser einen Weg zwischen Kautschuck und Glas bahnte, oder auch die Kautschuckröhre ganz von dem Glase herunterschob.

Der angewandte Druck schwankte je nach dem angewandten Diaphragma zwischen $\frac{1}{4}$ und 3 Atmosphären, und die durchgedrückte Flüssigkeit tropfte oder floss in ein untergestelltes Glasgefäß ab.

2. Es wurden nun statt der Thonplatte andere poröse Körper zwischen die Röhren *A* und *B* des Diaphragmaapparates (Fig. 2, Taf. I) gebracht, und am Multiplicator immer ein Strom im Sinne der Flüssigkeitsströmung wie bei der Thonplatte beobachtet, der so lange anhielt, als die Flüssigkeitsströmung dauerte, um beim Aufhören derselben einen mehr oder weniger starken Polarisationsstrom im entgegengesetzten Sinne des primären zu zeigen.

Die Körper, die untersucht wurden, wenn destillirtes Wasser hindurchströmte, waren

Seide	Schwefel
Leinwand	Gebrannter Thon
Elfenbein	Talk
Glas	Graphit
Sand	Bunsen'sche Kohle
Kien	Eisen
Linden	} holz Platin
Eichen	

und zwar wurden sie in folgender Form angewandt.

Von dünnem Seidenzeuge ¹⁾ wurden etwa 30 Lagen übereinandergelegt, und über das Rohr *A* des Diaphragmaapparates gebunden, dann wurde das Rohr *B* herangelegt und die Trennungsstelle dick mit Siegellack überzogen. Wegen der großen Poren des Seidenzeuges floss natürlich bedeutend mehr Wasser als bei der Thonplatte aus, wenn derselbe Druck angewandt wurde. Auf dieselbe Weise wurde Leinwand als Diaphragma benutzt.

Die anderen Stoffe wurden pulverförmig in ein Glasrohr von dem Durchmesser der Röhren *A* und *B* des Diaphragmaapparates gefüllt, dessen Ränder abgeschliffen und durch zwei Platten von dem eben erwähnten Seidenzeuge geschlos-

1) Hr. Dr. H. Schacht hatte die Güte dasselbe mikroskopisch zu untersuchen, und fand, daß es reine Seide war.

sen waren, damit die Flüssigkeitsströmung die kleinen Theilchen des angewandten Körpers nicht mit fortführte. Nur bei der Bunsen'schen Kohle wurde das Glasrohr durch Platten von derselben Kohle geschlossen. Die Länge des Glasrohres betrug bei den verschiedenen Stoffen 20 bis 45^{mm}.

Platin wurde als Platinschwamm, Eisen als Feilspäne angewandt. Schwefel, Talk, Graphit wurden im Porcellanmörser gepulvert. Das Glas war, in reines Papier gewickelt, auf dem Amboss gepulvert worden. Von Elfenbein und den verschiedenen Holzsorten wurden Sägespäne angewandt. Ich versuchte nämlich vergeblich durch eine poröse Holzplatte Wasser hindurchzupressen, weil die Platten trocken eingekittet werden mußten und, sobald sie dann naß wurden, selbst wenn sie senkrecht auf die Richtung der Fasern geschnitten waren, sich mit solcher Gewalt warfen, daß entweder die Siegellackkittung oder das Glas des Apparates brach.

3. Durch Zusatz von Säuren oder Salzlösungen zum destillirten Wasser wurde der elektrische Strom in seiner Richtung nicht geändert, wohl aber bedeutend geschwächt, so daß er zuletzt gar nicht mehr bemerkbar war.

Es wurde z. B. eine neue 3^{mm},9 dicke Thonplatte in den Diaphragmaapparat gekittet, und destillirtes Wasser hindurchgedrückt, wodurch die Nadel bis an die Hemmung abgelenkt wurde. Wurden dann 4 Tropfen reine Chlorwasserstoffsäure zu 1 Liter Wasser gesetzt, der Diaphragmaapparat und der gläserne Windkessel hiermit gefüllt, so betrug die Ablenkung bei demselben Drucke nur noch 15 bis 20°. Es war dieser geringe Säuregehalt durch den Geschmack nicht mehr zu erkennen, und mit Silberlösung zeigte sich nur eine äußerst schwache Chlorreaction. Ein weiterer Zusatz von 12 Tropfen Säure schwächte die Wirkung so, daß ein weit größerer Druck angewandt werden mußte, um die Nadel abzulenken. Betrug die Säure 16 Proc. der Flüssigkeit, so war selbst bei 3 Atmosphären Druck keine Ablenkung der Multiplicatornadel zu bemerken.

Dadurch erklärt es sich dann auch, daß Thonplatten, welche einmal mit Säure in Berührung gewesen sind, sehr schwache Wirkung geben. Selbst durch wochenlanges Liegen in destillirtem Wasser und Trocknen in einer heißen Ofenröhre lassen sich die letzten Spuren Säure aus solcher Platte nicht entfernen.

Durch Zusatz von Alkohol zu dem destillirten Wasser wurde die Ablenkung der Multiplicatornadel vergrößert.

Wurde Terpenthinöl dem destillirten Wasser beigemischt, so wurde in einigen Fällen die Ablenkung etwa um $\frac{2}{3}$ verringert, wahrscheinlich, weil das Terpenthinöl die Poren der Thonplatte theilweise verstopft hatte.

Wenn in das Rohr *A* des Diaphragmaapparates mit Terpenthinöl gemischtes destillirtes Wasser, in das Rohr *B* reines destillirtes Wasser gefüllt wurde, so war am Multiplikator nur eine äußerst geringe Ungleichartigkeit der Platinplatten bemerkbar. Wurde dann auf die Flüssigkeit in *A* gedrückt, so war ein galvanischer Strom im Sinne der Flüssigkeitsströmung bemerkbar, wie bei destillirtem Wasser, der auch sofort, als der Druck aufhörte, einem Polarisationsstrom im entgegengesetzten Sinne Platz machte. In dem Rohre *B* war jedoch auch kein Tröpfchen Terpenthinöl zu bemerken.

Als ein trockenes Thondiaphragma mit Terpenthinöl getränkt, und dann beide Röhren des Diaphragmaapparates mit destillirtem Wasser gefüllt wurden, zeigte sich bei dem Druck auf die Flüssigkeit in der Röhre *A* anfangs kein Strom, bis das Wasser das Terpenthinöl aus der Thonplatte verdrängt hatte, und dann war die Wirkung am Multiplikator wie bei reinem Wasser.

Durch Zusatz einer Lösung von kaustischem Natron oder Kupfervitriol zu dem destillirten Wasser wurde die Wirkung auf die Multiplicatornadel geschwächt.

Bei einem Apparate mit Thondiaphragma, der 12 Stunden mit Natronlösung gestanden hatte, war zufällig etwas Fett mit der Flüssigkeit in Berührung gewesen, so daß sich Seife

gebildet hatte. Bei diesem Apparate war die Ablenkung gröfser als bei destillirtem Wasser.

4. Andere Versuche über den Einflufs der Natur der durchströmenden Flüssigkeit bei einem Seidendiaphragma habe ich mit dem Apparate Fig. 3, Taf. I angestellt. Es wurden nämlich zwischen die Röhren *A* und *B* des Apparates Fig. 1 noch 2 andere Röhrenstücke *E* und *F*, von gleichem Durchmesser wie *A* und *B*, eingekittet, deren Ränder ebenfalls plangeschliffen und in deren Mitte 2 engere Röhren *G* und *H* seitlich angesetzt waren. Zwischen *A* und *E* und zwischen *F* und *B* waren 2 Thonplatten von 2^{mm} Dicke eingekittet, zwischen *E* und *F* aber 20 Lagen Seidenzeug. Die Röhren *A* und *B* waren mit destillirtem Wasser gefüllt, und mit Kork an den offenen Enden verschlossen. Durch *G* konnte dann Flüssigkeit einströmen und, nachdem sie das Seidenzeug passirt hatte, durch *H* abfließen. Die Platinplatten in *A* und *B* standen, wie früher, mit dem Multiplicator in Verbindung, und die Flüssigkeit, die sie benetzte war dieselbe, da, selbst wenn Diffusion durch die Thonplatten hindurch stattgefunden hätte, diese auf gleiche Weise hätte vor sich gehen müssen. Nimmt man sogar an, durch diese Diffusion wären elektrische Ströme erregt worden, so mußten diese sich gegenseitig zerstören, und konnten keine Wirkung auf die Multiplicatornadel ausüben. Die Seide eignete sich auch deshalb sehr gut als Diaphragma, weil sie keine innere Polarisation zeigt, wie E. du Bois-Reymond ¹⁾ nachgewiesen hat, welche bei allen diesen Versuchen störend einwirkt.

Das destillirte Wasser in dem gläsernen Windkessel wurde nun nach und nach mit reiner Chlorwasserstoffsäure versetzt, und vor dem Schließen des Multiplicatordrahtes so lange Flüssigkeit durch den Apparat geleitet, bis man annehmen konnte, dafs die Flüssigkeit in dem Windkessel und dem Diaphragmaapparate dieselbe Zusammensetzung

1) Monatsberichte der Berliner Academie 4. Aug. 1856, S. 21.

hatte. Während dann die Nadel bei destillirtem Wasser einen Ausschlag von 60° im Sinne der Flüssigkeitsströmung gab, wurde sie nach Zusatz von ein paar Tropfen Säure nur noch um wenige Grade abgelenkt, und es war gar keine Ablenkung mehr bemerkbar, als die Flüssigkeit 16 Proc. Chlorwasserstoffsäure enthielt.

Ebenso wie reine Chlorwasserstoffsäure verhielten sich reine Salpetersäure und concentrirte Kochsalzlösung.

Dieselben Resultate erhielt ich mit dem Diaphragma aus pulverförmigen Schwefel, wenn Chlorwasserstoffsäure oder mit dem Diaphragma aus Sägespänen von Lindenholtz, wenn Kupfervitriol dem destillirten Wasser zugesetzt wurde. Ebenso gab Brunnenwasser, das viele Salze, besonders Kalk aufgelöst enthielt, mit dem Thon- oder Schwefeldiaphragma schwächere Ablenkung als destillirtes Wasser.

Destillirtes Wasser, das mit Eichensägespänen längere Zeit in Berührung gewesen war, und also Gerbsäure enthielt, gab mit Glaspulver und Eisenfeilspänen dieselbe Wirkung, wie reines Wasser.

Der Polarisationsstrom war in mehreren Fällen, wenn andere Flüssigkeiten als reines Wasser angewandt wurden, schwach.

Bis jetzt habe ich mich auf diese wenigen Flüssigkeiten beschränkt, da bei mehreren in einer Flüssigkeit enthaltenen Stoffen der eine eine größere Anziehung zu dem porösen Diaphragma hat als der andere, und diese dann wieder von der Natur des Diaphragmas abhängt, so daß die verschiedenen Stoffe mit verschiedener Kraft von dem Diaphragma festgehalten werden, und man im Laufe der Untersuchung ein Diaphragma mit anderer Oberfläche und anderen Eigenschaften erhält, dessen Beschaffenheit zu ergründen eine besondere und tiefer eingehende Untersuchung erfordert. Diefes ist auch der Grund, weshalb im Folgenden die Gesetze, von denen die Intensität der erregten elektrischen Ströme abhängt, bei destillirtem Wasser bestimmt worden sind.

Ich werde hoffentlich später Gelegenheit haben den Einfluß, den der Zusatz fremder Stoffe zu reinem Wasser auf

die
und

5

Bec

cité,

» Eff

Vers

Salp

aufg

Grun

I

eine

tinsc

mit

nun

» A

liqu

atta

coun

temp

was

Strö

säur

der

der

(Fi

dün

noc

Das

säu

Erh

mit

her

Gla

an

em

die Stärke der erregten elektrischen Ströme hat, genauer und messend zu bestimmen.

5. Soviel mir bekannt ist, sind diese Thatsachen neu. Becquerel beschreibt zwar in seinem *Traité de l'électricité, tome II, pag. 94 sqq.*, in einem besonderen Capitel: »*Effets électriques produits dans les actions capillaires*«, Versuche, bei denen elektrische Ströme entstehen, wenn Salpeter- oder Chlorwasserstoffsäure von Platinschwamm aufgesogen werden, jedoch scheinen diese einen anderen Grund zu haben, als die von mir beobachteten.

Die Versuche wurden in der Art angestellt, dafs das eine Ende eines empfindlichen Multiplicators mit einem Platinschälchen in Verbindung stand, das andere Ende aber mit frisch geglühtem Platinschwamme. Becquerel füllt nun das Schälchen mit concentrirter Salpetersäure und sagt: »*A l'instant où l'on effectue l'immersion, l'éponge prend au liquide l'électricité négative, comme si le platine avait été attaqué; elle se polarise aussitôt de manière à produire un courant en sens contraire, qui continue pendant quelque temps, diminue et devient nul.*« Mit concentrirter Chlorwasserstoffsäure beobachtete Becquerel ebenfalls zwei Ströme, aber von umgekehrter Richtung, wie bei Salpetersäure. Waren die Säuren verdünnt, so war der erste Strom derselbe, während der zweite ausblieb.

Ich habe nun diese Versuche in folgender Weise wiederholt. Es wurde an das obere Ende eines Glasröhrchens *R* (Fig. 4, Taf. I) von 50^{mm} Länge und 3^{mm},5 Durchmesser ein dünner Platindraht *W* angeschmolzen, so dafs dessen Ende noch einige Millimeter in das Glasröhrchen hineinreichte. Das Röhrchen wurde mit heifser concentrirter Schwefelsäure, durch längeres Liegen in destillirtem Wasser und Erhitzen in einer reinen Alkoholflamme gereinigt und dann mit frisch bereitetem Platinschwamme gefüllt, der durch Drehen des Röhrchens hereingebracht und mit einem reinen Glasstabe festgestampft wurde. Das Röhrchen wurde dann an dem Platindrahte, welcher mit dem einen Ende eines empfindlichen Multiplicators in Verbindung stand, aufge-

hängt. Mit sanfter Reibung konnte es vertical verschoben und mit der in dem Platinschälchen *P* enthaltenen Flüssigkeit in Berührung gebracht werden, welches Platinschälchen mit dem anderen Ende des Multiplicators in Verbindung stand. An der Aenderung der Farbe des Platinschwammes liefs sich leicht erkennen, wie hoch die Flüssigkeit gestiegen war. Ich werde im Folgenden die Stromesrichtung in der Flüssigkeit angeben.

Bei reiner rauchender Salpetersäure beobachtet man zuerst einen Strom vom Schwamme zur Säure, der sehr bald einem anderen stärkeren in entgegengesetzter Richtung Platz macht, welcher letztere mehrere Stunden mit constanter Stärke fort dauert. Ersetzt man nun das Platinschälchen durch ein mit derselben Flüssigkeit gefülltes Uhr glas und verbindet das mit dem Platinschälchen verbunden gewesene Ende des Multiplicatordrahtes mit dem Platindrahte eines zweiten Glasröhrchens, das wie das erste eingerichtet und mit trockenem Platinschwamme gefüllt ist, so beobachtet man wieder beim Eintauchen desselben einen Strom von dem Schwamme zur Flüssigkeit, bis der ganze Platinschwamm benetzt ist. Dann geht die Nadel des Multiplicators, wenn es gelungen war, die Röhrchen gleichmäfsig mit Platinschwamm zu füllen, in ihre Ruhelage zurück, oder es bleibt ein constanter Strom übrig, indem die durch die Einwirkung der Flüssigkeit und des Platinschwammes entstehenden constanten Ströme, deren Richtung in beiden Glasröhren entgegengesetzt ist, sich nicht vollständig compensiren.

Bei gewöhnlicher reiner Salpetersäure beobachtet man ebenfalls einen Strom vom trockenen Schwamme zur Flüssigkeit, der, wenn die Flüssigkeit oben angekommen ist, verschwindet. Nur in seltenen Fällen ist ein Strom in entgegengesetzter Richtung des ersten zu bemerken.

Bei destillirtem Wasser beobachtet man einen Strom vom trockenen Platinschwamme zur Flüssigkeit, der, wenn der Platinschwamm sich vollgesogen hat, einem constanten Strome in entgegengesetzter Richtung Platz macht. Durch Anwendung eines zweiten Platinschwamm-Röhrchens kann

man
zwei
B
im S
Schw
Säur
mach
Strom
beob
des f
stoffs
A
chen
zufäl
die A
dafs
um e
ihren
J
sigke
regen
es ist
Ström
halte
das I
Flüss
comp
schw
wirk
Zerse
nen
gesch
der
neue
Da f
dage
sogar

man dann, wie oben bei der rauchenden Salpetersäure, den zweiten constanten Strom eliminiren.

Bei Chlorwasserstoffsäure beobachtet man einen Strom im Sinne der Flüssigkeitsbewegung, von der Säure zum Schwamme, der dann bei rauchender, wie bei verdünnter Säure einem Strome in entgegengesetzter Richtung Platz macht. Ich muß jedoch bemerken, daß ich den zweiten Strom, welcher schwächer als der erste war, nicht immer beobachtet habe. Vielleicht rührt er von der Einwirkung des freien Chlors, welches fast immer in der Chlorwasserstoffsäure vorhanden ist, auf das Platin her.

Außerdem ist bei allen diesen Versuchen die Oberflächenbeschaffenheit des Platinschwammes, die so leicht durch zufällig in der Luft enthaltene Stoffe sich ändert, so wie die Art und Weise des Glühens von großem Einflusse, so daß es einer tief eingehenden Untersuchung bedürfen würde, um diese Ströme in gleicher Stärke hervorrufen und über ihren Ursprung mit Sicherheit entscheiden zu können.

Jedenfalls folgt aus diesen Versuchen, daß diese Flüssigkeiten elektrische Ströme von verschiedener Richtung erregen, wenn sie von Platinschwamm aufgesogen werden, und es ist nicht abzusehen, wie dann durch Capillarität diese Ströme hervorgerufen seyn können, da das capillare Verhalten dieser Flüssigkeiten doch dasselbe ist, indem sie alle das Platin benetzen. Der Vorgang ist auch gerade bei den Flüssigkeiten, mit welchen Becquerel operirt hat, sehr complicirt; denn wir wissen ja gar nicht, ob der Platinschwamm durch Contact nicht zersetzend auf die Säuren wirkt, und ob die beobachteten Ströme nicht von dieser Zersetzung herrühren. Die zweiten constanten Ströme können aber wohl kaum irgend einem capillaren Vorgange zugeschrieben werden, da die Flüssigkeitstheilchen dann weder neue Theile der festen Platinoberfläche benetzen, noch neue Flüssigkeitstheilchen an die freie Oberfläche gelangen. Da ferner der erste Strom immer nur kurze Zeit, der zweite dagegen oft mehrere Stunden dauert, und in einigen Fällen sogar bedeutend stärker als der erste ist, so ist er auch

nicht als secundärer Polarisationsstrom vom ersten hervorgerufen.

Der zuerst beobachtete Strom schien mir jedoch von der Luftschicht herzurühren, die der trockene Platinschwamm auf seiner Oberfläche condensirt hat, und er mußte also verschwinden, wenn diese Luftschicht von der Flüssigkeit absorbiert war.

Um mich hiervon zu überzeugen, wurden an zwei Platinplatten von 60^{mm} Länge und 10^{mm} Breite zwei dünne lange Platindrähte genietet, die beiden Platten mit heißer concentrirter Schwefelsäure und reinem Wasser gereinigt, und in einer reinen Alkoholflamme geglüht. Beide Platinplatten sind dann gleichartig; denn taucht man sie in eine Flüssigkeit und verbindet sie durch den Multiplicatordraht, so ist kein Strom zu beobachten. Wurde nun die eine Platinplatte längere Zeit in Berührung gelassen mit der Flüssigkeit, die andere, welche der Luft ausgesetzt gewesen war, plötzlich eingetaucht, während die beiden Platten mit den Enden des Multiplicatordrahtes in Verbindung standen, so beobachtete man einen Strom, der in der Flüssigkeit von der trockenen zur benetzten Platte ging. Die dabei angewandten Flüssigkeiten waren: destillirtes Wasser, reine gewöhnliche und rauchende Salpetersäure, reine gewöhnliche und rauchende Chlorwasserstoffsäure. Der Strom verschwand bald. Nur bei rauchender Salpetersäure machte er sofort einem Strome in entgegengesetzter Richtung Platz, der auch bald verschwand.

Man sieht also, daß die beobachteten Ströme dieselbe Richtung wie bei dem Eintauchen des trockenen Platinschwammes in die Flüssigkeit haben, mit Ausnahme der Chlorwasserstoffsäure. Die Ströme, die durch ungleichzeitiges Eintauchen von Platin in destillirtes Wasser entstehen, hat schon Schröder ¹⁾ in derselben Richtung, wie ich, beobachtet, der sie auch bei verschiedenen Metallen und noch einigen anderen, als den eben erwähnten, Flüssigkeiten sehr gründlich untersucht hat.

1) Pogg. Ann. Bd. 54, S. 80.

M
schw
setze
den
treten
die a
Grund
oder
B
obach
Flüss
ten V
benet
Flüss
6
teten
V
Diaph
hindu
zu b
Erzeu
D
schie
rühre
Platin
des I
dann
V
lichen
weiter
wurde
dafs
ren v
doch
erken
A
Fig. 3

Möglich, daß bei der Chlorwasserstoffsäure der Platinschwamm, wie schon oben bemerkt wurde, irgendwie zersetzend einwirkt und so noch eine neue Elektrizitätsquelle, die den von der Luftschicht herrührenden Strom überwiegt, auftreten kann. Immerhin bleibt es höchst wahrscheinlich, daß die an der Oberfläche des Platins adhärende Luftschicht der Grund der zuerst auftretenden Ströme ist, wenn Wasser oder Salpetersäure von Platinschwamm aufgesogen werden.

Bei destillirtem Wasser geht außerdem der zuerst beobachtete Strom in der entgegengesetzten Richtung der Flüssigkeitsbewegung, während aus meinen oben angeführten Versuchen folgt, daß reines Wasser, welches durch benetzten Platinschwamm strömt, einen Strom im Sinne der Flüssigkeitsströmung erzeugt.

6. Es fragte sich nun, wovon die von mir beobachteten elektrischen Ströme herrühren.

Wurden die Röhren des Apparates Fig. 1 Taf. I ohne Diaphragma an einander gekittet und nun ein Wasserstrom hindurchgeleitet, so war keine Ablenkung am Multiplicator zu bemerken. Man sieht also, daß das Diaphragma zur Erzeugung des elektrischen Stromes nothwendig ist.

Der elektrische Strom konnte nun auch von dem verschiedenen Drucke, dem die Elektroden ausgesetzt sind, herrühren. Um darüber zu entscheiden, wurde eine dicke Platin- oder Kupferplatte zwischen die Röhren A und B des Diaphragmaapparates Fig. 1 Taf. I gekittet und dieser dann mit destillirtem Wasser gefüllt.

Während die Platinplatten mit einem äußerst empfindlichen Multiplicator mit Spiegelablesung, auf welchen ich weiter unten zurückkommen werde, in Verbindung waren, wurde auf das Wasser in A ein solcher Druck ausgeübt, daß die Platinplatten in A und B einen um 2,5 Atmosphären verschiedenen Druck auszuhalten hatten, ohne daß jedoch die geringste Wirkung auf die Multiplicatornadel zu erkennen war.

Außerdem hatten die Beobachtungen an dem Apparate Fig. 3 Taf. I gezeigt, daß, sobald das destillirte Wasser

durch das Seitendiaphragma zu strömen begann, die Multiplikatornadel abgelenkt wurde, und dafs dieselbe sofort zurückging, wenn die Wasserströmung aufhörte. Da aber der Druck, den das Wasser in *E* und *F* erfuhr, eine geraume Zeit gebrauchte, um durch die 2^{mm} dicken Thonplatten hindurch sich in die Röhren *A* und *B* fortzupflanzen, so hätte der elektrische Strom nicht mit der Flüssigkeitsströmung zugleich eintreten können, wenn er von verschiedenem Druck auf die Platinplatten hergerührt hätte. Ebenso hätte er auch nicht sofort verschwinden können, wenn die Flüssigkeitsströmung aufhörte, da wieder geraume Zeit verfliefsen mufste, bis sich der Druck in *A* und *B* mit dem in *E* und *F* vorhandenen ausgeglichen hatte.

7. Eine andere Möglichkeit wäre auch, dafs die beobachteten Ströme Thermostrome wären, da man annehmen mufs, dafs das Wasser durch die Reibung in den Poren des Diaphragmas erwärmt wird, und dafs also das aus dem Diaphragma austretende Wasser eine höhere Temperatur hat, als das in das Diaphragma eintretende.

Um hierüber zu entscheiden, wurde ein Apparat von ähnlicher Einrichtung wie in Fig. 2 Taf. I angewandt, nur war der Theil der Röhren *A* und *B*, wo die von dem Diaphragma etwas weiter als gewöhnlich entfernten Platinplatten lagen, enger und hatte etwa 10^{mm} Durchmesser. Zwischen die Röhren *A* und *B* wurde dann eine Thonplatte von 3^{mm},9 Dicke gekittet, auf deren *B* zugewandter Seite sich ein kleiner hufeisenförmig gebogener Glasstab von etwa 1^{mm} Durchmesser befand. Auf dieses Hufeisen war ein sehr dünner Platindraht aufgewickelt, dessen Windungen sich nicht berührten. Die Enden dieses Platindrahtes waren an verschiedenen Stellen durch die Siegelackkittung geführt, so dafs man den Strom von vier Bunsen'schen Elementen durch diese flache Platinspirale leiten und dadurch die Seite *B* des Thondiaphragmas erwärmen konnte. Die Platinplatten des Apparates standen wie gewöhnlich mit dem Multiplikator von 33000 Windungen in Verbindung.

Der erwärmende Strom wurde geöffnet, bevor die Ablesung am Multiplicator geschah, um Täuschungen durch Nebenschließungen zu vermeiden. Der Multiplicator zeigte eine Ablenkung von $+3^{\circ}$, die von einer Ungleichartigkeit der Platinplatten herrührte. Nachdem der erwärmende Strom nun 5' und 10' die Platinspirale durchflossen hatte, zeigte der Multiplicator eine Ablenkung von $+13^{\circ}$ im Sinne eines Stromes, der in der Flüssigkeit von *A* nach *B* ging. Als jedoch der erwärmende Strom noch weitere 10' die Platinspirale durchflossen hatte, war die Ablenkung 2° . Die Erwärmung mußte dann unterbrochen werden, weil sonst zu fürchten stand, daß die Siegelackkittung durch die Erwärmung zerstört würde. Durch die Erwärmung des Wassers sammelten sich in dem Rohre *B* an der Thonplatte und der Röhrenwand zahlreiche Luftbläschen, und es ist möglich, daß von diesen die Ablenkung herrührte; dabei war in den beiden verticalen Seitenröhren des Diaphragmaapparates ein schwaches Steigen zu bemerken, das von der Erwärmung der Flüssigkeit herrührte.

Es wurde alsdann in denselben Apparat statt der flachen Platinspirale eine Thermokette aus drei Neusilber-Eisenelementen gebracht, deren Löthstellen auf der Oberfläche der Thonplatte lagen, und zwar die ungraden auf der einen, die graden auf der anderen Seite der Thonplatte. Die Drähte der Thermokette waren sorgfältig mit schwarzem Schellackfirnifs überzogen. Während nun eine gelinde Berührung einer Löthstelle mit der Hand eine sehr merkliche Ablenkung an einem Thermomultiplicator hervorgebracht hatte, war jetzt an demselben kein Strom zu bemerken, wenn Flüssigkeit durch mechanischen Druck durch das Thondiaphragma getrieben wurde. Obwohl also die Erwärmung mit der Platinspirale ungeheuer groß war im Verhältniß zu derjenigen, welche das Durchtreiben der Flüssigkeit durch die Thonplatte hervorbrachte, betrug die Ablenkung im ersten Falle an dem Multiplicator mit 33000 Windungen nur wenige Grade, während in letzterem Falle

der entstandene elektrische Strom die Nadel würde an die Hemmung geworfen haben ¹⁾).

Dasselbe Resultat gab folgender Versuch. Es wurde in einen Thoncyliner eine Glasglocke eingekittet, die in ein verticales Glasrohr endete. Ein eingeschmolzener Platin-draht führte durch die Glasglocke zu einer im Innern des Thoncyliners befindlichen Platinplatte, während eine zweite Platinplatte in einem Becherglase sich befand, das den Thoncyliner mit der Glasglocke aufnahm, so daß das Ganze einen Apparat bildete, wie ihn Wiedemann ²⁾ zu seinen Untersuchungen »über die Bewegung von Flüssigkeiten im Kreise der geschlossenen galvanischen Säule« angewandt hat. Die Platinplatten waren sorgfältig mit heißer concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gereinigt worden und standen mit dem Multiplicator von 33000 Windungen in Verbindung. Es wurde darauf das Becherglas mit kaltem, der Thoncyliner mit warmem destillirtem Wasser gefüllt und nun der Multiplicator geschlossen. Die Nadel gab einen Ausschlag von 50° im Sinne eines Stromes, der durch den Thoncyliner von innen nach außen ging, kehrte aber sehr bald wieder in ihre Ruhelage zurück. Sie

- 1) Als durch den eben erwähnten Apparat, bei welchem also eine Thermokette die Temperaturdifferenz der verschiedenen Seiten der Thonwand angab, ein Strom von 18 Daniell'schen Elementen geleitet wurde, der das destillirte Wasser merklich durch die Thonwand mit sich hindurchführte, war ebenfalls nach Oeffnen dieses Stromes und Schließen der Thermokette keine Ablenkung an dem angewandten Thermomultiplicator bemerklich. Man sieht daraus, daß wenn eine verschiedenartige Erwärmung der beiden Seiten der Thonwand eintritt, sobald ein galvanischer Strom durch die Thonwand fließt, die Temperaturdifferenz jedenfalls sehr gering ist.

Es folgte aus diesem und dem folgenden Versuche zugleich, daß das Fortführen der Flüssigkeiten durch eine poröse Wand mit Hilfe eines galvanischen Stromes nicht von einer ungleichen Erwärmung herrührt, die ein galvanischer Strom an den verschiedenen Stellen der porösen Wand hervorbringen könnte. Es hätte nämlich dann bei beiden Versuchen ein continuirliches Strömen der Flüssigkeit nach der wärmeren Seite der porösen Wand hin beobachtet werden müssen, was durchaus nicht der Fall war.

- 2) Pogg. Ann. Bd. 87, S. 328.

zeigte also einen Strom von der warmen zur kalten Stelle der Thonwand an, während die durch das Durchtreiben von Wasser durch eine Thonwand erregten Ströme von der kalten zur wärmeren Seite der Thonwand gehen.

Man sieht aus diesen Versuchen, dafs die durch das Durchströmen von Wasser durch poröse Körper erregten Ströme nicht Thermoströme sind.

8. Es kam nun zunächst darauf an, die Abhängigkeit der erregten elektrischen Ströme von dem Drucke, der Dicke des Diaphragmas und der durchgeflossenen Flüssigkeitsmenge zu bestimmen. Ich habe hierzu einen Druckapparat angewandt, der in Fig. 5 Taf. I in $\frac{1}{2}$ natürlicher Gröfse dargestellt ist und im Wesentlichen aus einer Mariotteschen Flasche *A*, einem Quecksilberwindkessel *B* und einem Wasserwindkessel *C* besteht.

Die Flasche *A* ist durch zwei Korke verschlossen, durch deren einen ein Trichter *T* bis auf den Boden der Flasche reicht, während in dem anderen sich ein Hahn *E* befindet. In die Oeffnung *D*, im Boden dieser Flasche, ist ein Glasrohr *F* eingekittet, welches bis auf den Boden des Quecksilberwindkessels *B* reicht und am oberen Ende durch ein Kautschukrohr *Q*, am unteren durch den Stahlhahn *H* unterbrochen ist. Ausser diesem Stahlhahne *H* sind noch zwei Messinghähne *H'* und *H''* in den Messingdeckel von *B* luftdicht eingeschraubt. Der Hahn *H'* führt durch ein Kautschukrohr und den Kegelschluß *K* zu einer Druckpumpe, während durch *H''*, das Glasrohr *G*, ein Kautschukrohr, den Kegelschluß *K'* und das Glasrohr *O*, der Quecksilberwindkessel *B* mit dem Wasserwindkessel *C* in Verbindung steht. Ausser der Fassung des Glasrohres *O* sind noch zwei andere Fassungen in den Messingdeckel des Wasserwindkessels *C* eingeschraubt, in deren eine der Glashahn *O'* eingekittet ist, in die andere das Glasrohr *O''*, das bis auf den Boden von *C* reicht, ebenfalls durch einen Glashahn geschlossen werden kann und durch ein Kautschukrohr und den Kegelschluß *K''* mit dem Diaphragmaapparat Fig. 2 Taf. I in Verbindung steht. Die Messingdeckel

von *B* und *C* sind luftdicht auf die aufgekitteten Messingfassungen aufgeschraubt. Der Glashahn *H'''* im Boden von *B* dient zum Ablassen des Quecksilbers.

An zwei Millimeterscalen kann man die Höhe der Flüssigkeit in *B* und *C* ablesen, und das Glasrohr *F* geht ebenfalls vor einer Millimeterscala her, die in der Zeichnung fortgelassen ist.

Die Kautschukröhren waren sämtlich aus vulkanisiertem Kautschuk und Hanf gefertigt, konnten mit Sicherheit einen Druck von 3 Atmosphären im Innern ertragen, ohne zu zerreißen und wurden, wie schon früher erwähnt, mit seidener Schnur und Siegelack an den Glasröhren befestigt.

Es wurde nun, um den Apparat in Gang zu setzen, der Kegelschluß bei *K'* gelöst, der Messingdeckel von *C* abgeschraubt und destillirtes Wasser hineingefüllt. Nachdem alsdann der Hahn *H'''* geschlossen und die übrigen Hähne geöffnet worden, wurde durch den Trichter *T* Quecksilber in die Flasche *A* gegossen, das durch das Rohr *F* in das Gefäß *B* floß, während die Luft durch *H'* und *H''* entwich. Durch den Kegelschluß bei *K'* wurde der Wasserwindkessel, durch den Kegelschluß bei *K* die Druckpumpe mit *B* verbunden, die Hähne *O'* und *O''* geschlossen und nun mit der Druckpumpe die Luft in *B* und *C* comprimirt. Dadurch wurde auf das Quecksilber in *B* ein Druck ausgeübt, so daß es durch das Rohr *F* in die Flasche *A* stieg, während durch den Hahn *E* die in *A* comprimirt Luft entwich. Die Höhe des Quecksilbers in *F* über dem Niveau des Quecksilbers in *B* gab den Druck, unter welchem die in *B* und *C* comprimirt Luft stand. War nun so viel Quecksilber nach *A* gelangt, daß eben noch die untere Mündung des Druckrohres *F* unter Quecksilber stand, so wurden der Hahn *H'* und der Hahn *E* geschlossen. Oeffnete man dann *O''*, so trieb die comprimirt Luft das Wasser durch das Rohr *O''* in den Diaphragmaapparat, während aus *A* Quecksilber nach *B* nachfloß und durch die untere Oeffnung des Trichters *T* Luft in die Flasche *A* drang.

Die Luft in *B* war also einem Druck ausgesetzt, der gleich einer Quecksilbersäule von der Höhe des verticalen Abstandes der Trichteröffnung in *A* und des Quecksilberniveaus in *B* war. Bei den meisten Versuchen betrug dieser Abstand etwas über 2 Meter.

Der Druck war also fast constant, denn die Aenderung des Quecksilberniveaus in *B* war nur unbedeutend während eines Versuches und konnte an der Scala von *B* abgelesen werden, worauf die mittlere Höhe des Quecksilberniveaus in Rechnung gebracht wurde.

Durch Schliessen des Hähnes *H'* und Oeffnen von *O* konnte im Wasserwindkessel wieder Atmosphärendruck hergestellt werden, ohne dafs man nöthig hatte, auch in *B* den Druck aufzuheben.

Um den wirklichen Druck zu erhalten, den das Wasser im Diaphragmaapparat erfuhr, mußte noch die Wassersäule von der Höhe des Wasserniveaus in *C* bis zur Ausflußöffnung des Diaphragmaapparates in Rechnung gebracht werden, die, auf Quecksilberdruck reducirt, von dem Druck abgezogen wurde, unter dem die Luft im Windkessel stand.

9. Um nicht mit zu grofsen Flüssigkeitsmengen arbeiten und das Wasser in *C* so oft erneuern zu müssen, erzeugte ich nur schwache elektrische Ströme und wandte zu ihrer Messung einen sehr empfindlichen Multiplikator, von Sauerwald in Berlin, mit 10080 Windungen an. An der astatischen Nadel desselben war ein verticaler Oertling-scher Planspiegel befestigt, der auf bekannte Weise das Bild einer horizontalen Scala in ein Fernrohr reflectirte. Das Gewicht des Spiegels war 2^{gr},7; das des ganzen Systems mit Nadeln, Fassung u. s. w. 6^{gr},5644. Die Entfernung der Scala vom Spiegel betrug 3145 Scalentheile, so dafs also einem Scalentheil ein Winkel von 32",789 entsprach. Das Nadelpaar hatte eine Schwingungsdauer von 14,56 Sekunden und wurde durch einen mehrere Decimeter entfernten Magnetstab, der als Berichtigungsstab diente, auf den Nullpunkt des Theilkreises, senkrecht auf den mag-

netischen Meridian zurückgeführt, weil die Windungen des Multiplicators magnetisch wirkten. Da die Ablenkungen 3° nicht überschritten; so konnten die abgelesenen Scalentheile proportional der Intensität i des ablenkenden Stromes gesetzt werden.

Dieser » Spiegelmultiplicator « war nun noch viel empfindlicher als der Multiplicator von 33000 Windungen, der zu den früheren Versuchen gedient hatte, und es mußte deshalb bei allen folgenden Versuchen, obwohl nur die halbe Länge des Multiplicatordrahtes benutzt wurde, die Empfindlichkeit durch eine Nebenschließung sehr bedeutend geschwächt werden, so daß immer nur ein Bruchtheil (etwa $\frac{1}{13}$) des erregten elektrischen Stromes durch den Multiplicator ging.

Der Multiplicator stand auf einem an der Wand befestigten Brett, auf welchem zugleich der Berichtigungsstab festgekittet war. Ich konnte jedoch nicht vermeiden, daß durch atmosphärische Einflüsse das Brett seine Lage veränderte, und da der Seidenfaden, der das Nadelpaar trug, 700^{mm} lang war, mithin auch der Aufhängungspunkt der Nadel seine Lage merklich veränderte, so schwankte selbst im Laufe eines Tages der Nullpunkt des Instruments bedeutend. Da jedoch nur Ablenkungen, die bald aufeinander folgten, verglichen werden, so hat dieser Uebelstand auf die mit dem Instrument erhaltenen Resultate keinen Einfluß.

Von viel größerem Einfluß ist die Polarisation der Platinplatten. Ich habe denselben dadurch zu eliminiren gesucht, daß der Strom des Diaphragmaapparates nur die Zeit hindurch geschlossen wurde, die nöthig war, um zwei Ausschläge am Multiplicator zu beobachten, also etwa $\frac{1}{2}$ oder 1 Minute.

Ein Commutator erlaubte, nach Belieben den Strom im Multiplicator umzukehren, um die Ausschläge der Nadel reguliren zu können. Das Mittel aus den zwei beobachteten Ausschlägen gab dann die dem vorhandenen Strom entsprechende Ablenkung.

Die folgenden Versuche wurden sämmtlich mit destillirtem Wasser und Platten von gebranntem Thon angestellt, die aus derselben gröfseren Thonplatte geschnitten und deren Flächen trocken planparallel geschliffen wurden. Die Dicke der Thonplatten wurde mit einem schon früher von mir benutzten Kathetometer ¹⁾ gemessen, indem die Platten direct zwischen den verticalen Cylinder und die denselben hebende Schraube gelegt wurden.

Die durchgeflossenen Wassermengen wurden in Probir-
röhrchen von etwa 10^{mm} Durchmesser aufgefangen, welche
mit einer eingätzten Millimetertheilung versehen und cali-
brirt waren. Es zeigte sich dabei, dafs die Wasserströmung
abgerissene Theilchen der Thonplatte mit sich fortführte
und an anderen Stellen der Thonplatte ablagerte, so dafs
die Poren dadurch verstopft wurden. So betrug bei einem
Drucke von 1970^{mm} z. B. die durch eine Thonplatte von
24^{mm} Durchmesser und 1^{mm},025 Dicke in der Minute durch-
gegangene Wassermenge 25^{cc},214
und nachdem der Apparat 3 Tage in Gebrauch
gewesen war 05^{cc},902,
so dafs jetzt weniger als die Hälfte hindurchging. Dadurch
findet zum Theil auch der Umstand seine Erklärung, dafs
die Ablenkung am Multiplicator mit der Zeit abnahm, wäh-
rend der Druck derselbe blieb, weil der Widerstand des
Diaphragmaapparates sich vergröfserte.

Unter Umständen kommt es dann auch wieder vor, dafs
eine kleine Vermehrung der durchgegangenen Wassermenge
stattfindet, besonders wenn der Apparat längere Zeit aufer
Thätigkeit gewesen ist.

10. Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an
einem Apparate, wo die eingekittete Thonplatte 1^{mm},025
Dicke hatte. Unter *s* steht die beobachtete Ablenkung in
Scalentheilen, unter *m* die in der Minute durchgeflossene
Wassermenge in Grammen und unter *p* der Druck, der die
Flüssigkeit hindurchtrieb, ausgedrückt durch die Höhe einer
Quecksilbersäule in Millimetern.

1) Pogg. Ann. Bd. 105, S. 12 ff.

No.	s	m	p
1	64,6	^{gr} 1,153	1967 ^{mm}
2	40,2	0,657	1370
3	41,4	0,746	1380
4	59,8	0,988	1971
5	40,6	0,670	1369

Giebt man den Gröſsen s , m , p Indices nach der Nummer der Beobachtung und bildet die Quotienten $\frac{s_1}{s_2}$, $\frac{m_1}{m_2}$, $\frac{p_1}{p_2}$, so findet man:

	$\frac{s_1}{s_2}$	$\frac{m_1}{m_2}$	$\frac{p_1}{p_2}$
Aus 1 und 2	1,607	1,754	1,436
„ 1 „ 3	1,591	1,546	1,426
„ 4 „ 3	1,441	1,325	1,428
„ 4 „ 5	1,473	1,474	1,438
Mittel	1,528	1,525	1,432

Man sieht daraus, daſs die Stromintensitäten und die durchgeflossenen Wassermengen sich nahe wie der Druck verhalten, der die Flüssigkeit durchtreibt. Auf diese Abhängigkeit der Stromintensität vom Drucke werde ich noch weiter unten zurückkommen.

Daſs die durchgetriebene Flüssigkeitsmenge sich wie der Druck verhält, der sie hindurchtreibt, ist in Uebereinstimmung mit der Annahme, daſs die Thonplatten aus vielen kleinen Capillarröhren bestehen; denn aus den Versuchen von Hagen ¹⁾ und Poiseuille ²⁾ folgt, daſs die durch Capillarröhren durchgeströmten Flüssigkeitsmengen sich ebenfalls verhalten wie der Druck, der sie hindurchtreibt. Auch Wiedemann, in der oben citirten Arbeit, hat Resultate derselben Art gefunden.

11. Um nun zu sehen, in welcher Weise die elektromotorischen Kräfte der erregten elektrischen Ströme von

1) Pogg. Ann. Bd. 46, S. 423.

2) Ann. de chim. S. III, T. VII, pag. 50. Pogg. Ann. Bd. 58, S. 424.

der Dicke der durchströmten Platten abhingen, verfuhr ich folgendermaßen. An den Wasserwindkessel des Druckapparates Fig. 5 Taf. I wurde statt des Kegelschlusses K'' ein T förmiges Glasrohr (Fig. 6) befestigt, so daß das Wasser nach dem Durchgange durch den Glashahn O'' sich in zwei Zweige theilte, indem ein Theil rechts, ein Theil links durch den horizontalen Schenkel NN' des T förmigen Glasrohres floss. Bei N und N' waren zwei Kegelschlüsse angekittet, und es konnten an diese zwei Diaphragmaapparate von gleicher Construction (Fig. 2 Taf. I) befestigt werden, durch welche also dann die Flüssigkeit mit demselben Drucke getrieben wurde. Der Schenkel NN' des T förmigen Glasrohres hatte eine Länge von 800^{mm} und einen Durchmesser von $7^{\text{mm}},5$, so daß er, mit destillirtem Wasser gefüllt, einen so beträchtlichen Leitungswiderstand bot, daß dieser $= \infty$ gesetzt werden konnte.

Es wurden alsdann, wie bei der Fechner'schen Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kräfte gewöhnlicher galvanischer Ströme, die Platinplatten der beiden Diaphragmaapparate 1 und 2 so verbunden, daß der erregte elektrische Strom beide durchfließen mußte. Eine Wippe erlaubte aber die Stromesrichtung in dem einen Diaphragmaapparate umzukehren. Bezeichnet man nun die Summe der elektromotorischen Kräfte, die in der Thonplatte des ersten Diaphragmaapparates ihren Sitz haben, mit E_1 , die des zweiten Diaphragmaapparates mit E_2 , den Widerstand der Flüssigkeit zwischen den Platinplatten des betreffenden Apparates mit W_1 und W_2 , ferner den Widerstand des übrigen Stromkreises mit w , so ist die Intensität i , des Stromes, der durch den Multiplicator fließt, wenn die elektromotorischen Kräfte gleiche Richtung haben:

$$i = \frac{E_1 + E_2}{W_1 + W_2 + w} \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

und wenn sie entgegengesetzte Richtung haben:

$$i = \frac{E_1 - E_2}{W_1 + W_2 + w} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

An dem Multiplikator liest man nun Scalentheile ab, und es ist:

$$i_i = A s_i \quad i_{ii} = A s_{ii} \quad (3)$$

wo A eine von der Einrichtung des Multiplikators abhängige Constante ist. Aus den Gleichungen (1), (2) und (3) folgt dann:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{s_i + s_{ii}}{s_i - s_{ii}} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Durch Beobachtung zweier Ablenkungen am Multiplikator bekommt man also das Verhältniß der Summen der elektromotorischen Kräfte, die in beiden Diaphragmen ihren Sitz haben.

Zwischen die Röhren der Diaphragmaapparate wurden nun Thonplatten gebracht, von verschiedener Dicke und aus derselben größeren Thonplatte geschnitten; die Widerstände W_1 und W_2 waren dann nahe dieselben, obwohl dies, wie sich nachher ergeben wird, von keinem Einfluß ist. Die beiden Diaphragmaapparate unterschieden sich also nur durch die Dicke der Thonplatten.

Die Ablesungen geschahen in der Weise, daß zuerst s_{ii} und dann s_i beobachtet wurde, so daß, da s_{ii} immer sehr klein war, die durch den Strom i_i hervorgerufene Polarisation auf die Größe von s_i nicht merklich von Einfluß war. Der Polarisationsstrom wurde bei diesen Versuchen nach dem Aufhören der Flüssigkeitsströmung ebenfalls beobachtet, und es zeigte sich hier meist ein Ueberwiegen des Polarisationsstromes des Apparates mit dickerem Diaphragma, wie es auch die innere Polarisation des Diaphragmas erwarten liefs. Da jedoch die Größe des Polarisationsstromes von der Dauer des primären Stromes abhängt, und meine Apparate diese Dauer nicht zu messen erlaubten, so sind die Ablenkungen des Polarisationsstromes, da sie doch nicht maßgebend seyn würden, nicht angeführt.

12. Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an zwei Thonplatten, deren Dicken

$$d_1 = 1^{\text{mm}},967 \quad d_2 = 1^{\text{mm}},025$$

waren. Die mit s_i und s_{ii} bezeichneten Columnen geben

Man sieht hieraus, daß die elektromotorischen Kräfte unabhängig sind von der Dicke der Thonplatten und der durchgegangenen Flüssigkeitsmenge, wie auch der Druck seyn mag, der die Flüssigkeitsströmung bewirkt.

Die Verschiedenheit des Verhältnisses $\frac{E_1}{E_2}$ erklärt sich durch die Unsicherheit der Methode. Die erste Beobachtung der letzten Tafel giebt für das Verhältniß $\frac{E_1}{E_2}$ zwar eine Zahl < 1 ; ich habe aber oben gezeigt, wie außerordentlich kleine Mengen eines dem destillirten Wasser zugesetzten Stoffes schon die Größe des erregten elektrischen Stromes verändern, und obwohl bei den vorliegenden Versuchen alle Vorsicht getroffen war, um eine Verunreinigung des destillirten Wassers und der Diaphragmaapparate zu verhüten, so konnten doch leicht Fetttheilchen, die vielleicht auch den messingenen Kegelschluß angegriffen hatten, mitgeführt werden, und so die elektromotorischen Kräfte ändern. Möglich auch, daß schon in dem angewandten destillirten Wasser solche fremden Stoffe enthalten waren, wie ja schon Rieffs ¹⁾ bei der elektrischen Funkenentladung in Flüssigkeiten gezeigt hat, wie verschieden sich destillirtes Wasser aus verschiedenen Bezugsquellen verhält.

13. Dasselbe Resultat erhielt ich, wenn der Widerstand W_1 beträchtlich größer war, als W_2 , indem bei dem Apparate 2 die Platinplatten sich dicht an der Thonwand befanden. Folgende Tabelle giebt die Beobachtungen an zwei solchen Apparaten, wo

$$d_1 = 1^{\text{mm}},567$$

$$d_2 = 4^{\text{mm}},693$$

war.

No.	s_1	s_{11}	p	$\frac{E_2}{E_1}$
1	91,6	— 0,05	1974 ^{mm}	1,001
2	54,1	— 1,05	1177	1,040

Wurde der Apparat 1 allein durch den Multiplicator geschlossen, so wurde die Nadel um 36,9 Scalentheile ab-

1) Pogg. Ann. Bd 102, S 190.

gelenkt, während bei dem Apparate 2 die einen Meter lange Scala aus dem Sehfelde des Fernrohres ging. In beiden Fällen betrug der Druck 1970^{mm} .

Während also die elektromotorischen Kräfte dieselben waren, folgt aus den Ablenkungen, die jeder Apparat für sich hervorbrachte, daß der Widerstand im zweiten Diaphragmaapparate beträchtlich kleiner als im ersten war.

Dasselbe ergaben Versuche, bei denen durch Einschalten einer Siegellackplatte in den einen Apparat der Querschnitt an einer Stelle bedeutend verringert und so der Widerstand zwischen den Platinplatten vermehrt wurde.

14. Um ferner zu sehen, in welcher Weise die elektromotorische Kraft von der Größe der freien Oberfläche der Thonplatte abhinge, die dem Drucke der Flüssigkeit ausgesetzt ist, wurden Thonplatten von fast derselben Dicke, die ebenfalls aus derselben größeren Thonplatte geschnitten und geschliffen waren, in die beiden Diaphragmaapparate eingekittet. Die eine Thonplatte war aber vorher trocken an den Rändern mit geschmolzenem Siegellack überzogen worden, so daß in der Mitte ein kreisförmiges Stück frei blieb, durch welches die Flüssigkeit hindurchgetrieben wurde. Die Art und Weise der Ablesung geschah dann wie bei den Diaphragmaapparaten mit Thonplatten von verschiedener Dicke.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an zwei Thonplatten, deren Dicken

$$d_1 = 3^{\text{mm}},946 \qquad d_2 = 3^{\text{mm}},968$$

waren, während die freien Oberflächen der Thonplatten die Radien

$$r_1 = 8^{\text{mm}},4 \qquad r_2 = 11^{\text{mm}},7$$

hatten, sich also wie 1 : 1,94 verhielten.

No.	s	s_{II}	p	$\frac{E_1}{E_2}$	$\frac{s_s}{s_n}$	$\frac{p_s}{p_n}$
1	127,0	5,5	1978 ^{mm}	1,091		
2	116,6	4,3	1978	1,076		
3	130,4	4,0	1978	1,063		
4	79,8	4,0	1165	1,105	1,753	1,704
5	62,9	2,1	910	1,069	2,224	2,218
6	51,2	3,2	696	1,046	2,732	2,850
7	37,3	4,0	499	1,241	3,751	3,973
8	139,9	10,0	1984	1,154		
9	99,7	-1,0	1486	0,980		
10	129,4	-1,8	1984	0,973		

s , ist proportional der Summe der elektromotorischen Kräfte $E_1 + E_2$ und es sind in der vorletzten Columnne die Quotienten der Werthe von s , aus der Beobachtung No. 8 mit den Beobachtungen No. 4 bis 7 gegeben. Die letzte Columnne enthält die Quotienten der entsprechenden Werthe von p . Man sieht, dafs beide sehr nahe übereinstimmen, dafs also die elektromotorische Kraft wieder proportional dem Drucke zunimmt. Zugleich folgt aus den Werthen von $\frac{E_1}{E_2}$, die in der vierten Columnne gegeben sind, da diese nahe = 1 sind, dafs die elektromotorische Kraft unabhängig von der freien Oberfläche der porösen Wand ist.

Dieselben Resultate ergaben andere Versuchsreihen.

15. Bei allen diesen Versuchen wurde der Widerstand der Diaphragmaapparate als constant vorausgesetzt und ferner der Einflufs der Polarisation nur dadurch vermieden, dafs man ihn möglichst klein zu machen suchte. Die Unregelmäßigkeiten, die sich in den so erhaltenen Resultaten zeigten, konnten also nicht nur von einer Aenderung der elektromotorischen Kräfte, sondern auch von einer Aenderung der Widerstände herrühren, was um so wahrscheinlicher war, da sich ja die Thonplatten verstopften. Ich habe deshalb die elektromotorische Kraft auch nach der von Poggendorff ¹⁾ angegebenen Methode bestimmt, zumal

1) Pogg. Ann. Bd. 54, S. 161 ff.

diefs zugleich ein Mittel an die Hand gab, dieselbe mit einer anderen bekannten elektromotorischen Kraft, z. B. der einer Daniell'schen Kette zu vergleichen.

Die Fig. 7 Taf. I giebt die schematische Anordnung der Versuche. Der Strom einer Hydrokette K , der durch einen Rheostaten R verändert werden kann und durch eine Tangentenbussole T mit Spiegelablesung gemessen wird, theilt sich in zwei Zweige 2 und 3. In 3 sind der Diaphragmaapparat e und der oben beschriebene Spiegelmultiplicator M eingeschaltet. Bezeichnet man dann die Stromintensitäten in den drei Zweigen mit i_1, i_2, i_3 , die Widerstände mit w_1, w_2, w_3 , so hat man nach den Kirchhoff'schen Gleichungen, wenn e die gesuchte elektromotorische Kraft des Diaphragmaapparates bezeichnet,

$$\left. \begin{array}{l} i_2 w_2 + i_3 w_3 = e \\ i_1 - i_3 = i_2 \end{array} \right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Wird dann mit dem Rheostaten R die Stromintensität so regulirt, daß der von K herrührende Strom den entgegengesetzten des Diaphragmaapparates gerade vernichtet, so wird $i_3 = 0$, und die Gleichungen (5) gehen über in

$$i_1 = i_2 \qquad i_2 w_2 = e$$

oder

$$JW = e \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

wo J die an der Tangentenbussole gemessene Stromintensität und W den Widerstand w_2 bezeichnet. Der Spiegelmultiplicator M dient also bloß als Galvanoskop.

An der Tangentenbussole werden nun Scalentheile s abgelesen, und zwar ist, wenn φ den Ablenkungswinkel und E die Entfernung der Scala vom Spiegel bezeichnet,

$$\frac{s}{E} = \operatorname{tg} 2\varphi \qquad J = A \operatorname{tg} \varphi$$

wo A ein von den Dimensionen der Tangentenbussole und der absoluten Intensität der Horizontalcomponente des Erdmagnetismus abhängiger constanter Factor ist. Setzt man für $\operatorname{tg} \varphi$ seinen Werth aus der ersteren Gleichung in die zweite ein, so hat man mit grofser Annäherung:

$$J = A \frac{s}{2E} \left(1 - \frac{s^2}{4E^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Um nun W zu bestimmen, verfuhr ich folgendermaßen. Es wurde an derselben Tangentenbussole die Ablenkung beobachtet, die eine Daniell'sche Kette allein hervorbrachte, und dann, wenn noch der Widerstand W eingeschaltet war. Während der Dauer der Beobachtung wurde die elektromotorische Kraft D der Daniell'schen Kette als constant angenommen, und bezeichnet man mit w den ursprünglichen Widerstand, so hat man

$$A \operatorname{tg} \psi = \frac{D}{w}$$

$$A \operatorname{tg} \psi_i = \frac{D}{w + W}$$

oder daraus

$$W = \frac{D}{A} \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \psi_i} - \frac{1}{\operatorname{tg} \psi} \right) \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Diese Werthe von J und W aus den Gleichungen (7) und (8) in die Gleichung (6) eingesetzt, giebt

$$e = \frac{s}{2E} \left(1 - \frac{s^2}{4E^2}\right) \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \psi_i} - \frac{1}{\operatorname{tg} \psi} \right) D \quad . \quad (9)$$

Werden nun $\operatorname{tg} \psi$ und $\operatorname{tg} \psi_i$ durch die abgelesenen Scalentheile σ und σ_i ersetzt, so hat man mit grofser Annäherung

$$\left(\frac{1}{\operatorname{tg} \psi_i} - \frac{1}{\operatorname{tg} \psi} \right) = 2E \left(\frac{\sigma - \sigma_i}{\sigma \sigma_i} - \frac{\sigma - \sigma_i}{4E^2} \right)$$

und diefs in die Gleichung (9) eingesetzt, giebt

$$e = s \cdot D \cdot \left\{ \frac{\sigma - \sigma_i}{\sigma \sigma_i} - \frac{\sigma - \sigma_i}{4E^2} \left(1 + \frac{s^2}{\sigma \sigma_i}\right) \right\} \quad . \quad (10)$$

Ist dann E sehr grofs, so ist das zweite Glied der Parenthese zu vernachlässigen und es ist die gesuchte elektromotorische Kraft

$$e = s \cdot D \cdot \frac{\sigma - \sigma_i}{\sigma \sigma_i} \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

d. h. proportional den an der Tangentenbussole abgelesenen Scalentheilen.

Bei den vorliegenden Versuchen war $E = 1750$ Sca-

lenth
von
also
nicht
nen,
direct
derjen
10
hatte,
die K
Schw
Syste
zelner
gebra
S. 75

In
messe
dräht
von C
dünne
der C
SS' a
man
solche
doch,
ben,
dräht
das B
Ender
Glask
langer
wegen
die G
12mm
dem K
schieb
-man

lenththeilen, d. h. ein Scalentheil entsprach einem Winkel von $58^{\circ},928$, und das zweite Glied der Parenthese konnte also vollständig vernachlässigt werden. Man braucht also nicht einmal die Constante der Tangentenbussole zu kennen, sondern erhält durch die Ablesungen der Scalentheile direct die gesuchte elektromotorische Kraft in Bruchtheilen derjenigen einer Daniell'schen Kette ausgedrückt.

16. Da die Tangentenbussole keine starke Dämpfung hatte, so mußte der Rheochord sich verstellen lassen, ohne die Kette zu öffnen, damit die Magnetnadel nicht zu große Schwankungen machte. Es wurde deshalb außer einem Systeme von Widerstandsrollen, welches Widerstände = einzelnen Meilen Kupferdraht, wie er zu Telegraphenleitungen gebraucht wird, einzuschalten erlaubte (Pogg. Ann. Bd. 102 S. 75), ein Rheochord von folgender Einrichtung angewandt:

In eine Glasröhre *G* (Fig. 8 Taf. I) von $2^{\text{mm}},5$ Durchmesser und 800 bis 900^{mm} Länge sind bei *A* vier Platindrähte eingeschmolzen, die nach Innen in zwei Platindrähte von $0^{\text{mm}},0767$ Durchmesser sich fortsetzen. Diese beiden dünnen Platindrähte gehen bei *D* zwischen dem Kork und der Glaswand hindurch und werden durch die Schrauben *SS'* angespannt, so daß sie sich nicht berühren. Obwohl man fast niemals eine vollkommen gerade Glasröhre von solcher Länge findet, so erlaubt die Elasticität derselben doch, sie der Länge nach auf dem Brettchen *B* festzukleben, so daß sie vollkommen gerade wird und die Platindrähte sich nicht berühren. Drei Stellschrauben erlauben das Brettchen horizontal zu stellen. An ihren erweiterten Enden *D* und *E* steht die Glasröhre durch Kork mit zwei Glaskugeln in Verbindung, von denen die eine mit einem langen Kautschukrohre *C* versehen ist. Bei *D* ist das Brett wegen der Erweiterung der Glasröhre ausgeschnitten. In die Glasröhre wird nun ein Quecksilbertropfen *Q* von etwa 12^{mm} Länge gebracht, der durch Blasen oder Saugen an dem Kautschukrohre verschoben werden kann. Kleine Verschiebungen des Quecksilbertropfens bewirkt man, indem man das Kautschukrohr an einem Ende verschleift und

dann durch Drücken die Luft in ihm comprimirt, oder indem man das Ende des comprimirten Kautschukrohres verschließt und die Compression theilweise aufhebt. Statt des letzteren kann man auch die Luft in einem zweiten bei *D* angebrachten Kautschukrohre comprimiren. Die Reibung des Quecksilbers in der engen Glasröhre ist so groß, daß eine freiwillige Verschiebung desselben, selbst wenn die Glasröhre nicht vollkommen horizontal wäre, nicht zu befürchten ist. Wird nun bei *A*, wie es die Drahtklemmen andeuten, ein elektrischer Strom ein- und ausgeleitet, so kann man in diesen Stromkreis durch Verschieben des Quecksilbertropfens eine beliebige Länge des dünnen Platindrahtes einschalten, und diese Länge wird auf einer auf dem Brettchen angebrachten Millimetertheilung, die in der Zeichnung fortgelassen ist, abgelesen. Der Widerstand der beiden Platindrähte ist wegen der außerordentlichen Feinheit derselben größer, als der einer Meile Telegraphendraht, und ich konnte also mit diesem Rheochord und dem erwähnten Systeme von Widerstandsrollen jeden beliebigen Widerstand bis zu 99 Meilen Telegraphendraht hervorbringen. Der Draht nimmt dabei leicht die Temperatur der Umgebung an, ist durch die Glasröhre vor Verletzungen geschützt und wird auch nicht von dem Quecksilbertropfen mechanisch verändert, was bei dem Contacte fester Körper immer der Fall ist.

Die beiden bei vorliegenden Versuchen nicht benutzten Drahtenden bei *A* dienen dazu, um eine Nebenschließung anbringen zu können. Der Theil des Hauptstromes, der durch diese Nebenschließung fließt, wird dann durch die Stellung des Quecksilbertropfens bedingt und ist, wenn sich der Tropfen bei *A* befindet, $= 0$.

Es kam ferner darauf an, den in der Gleichung (6) mit *W* bezeichneten Widerstand immer von derselben Größe zu haben. Zu dem Ende wurde auf ein Probierröhrchen ein dünner Silberdraht gewunden, ohne daß sich natürlich die Windungen berührten, und diese dann wieder mit einem etwas weiteren Probierröhrchen umgeben. Die Rän-

der L
durch
hindu
den
daß
che
vorg
halb
ten
des
Tang
lenk
Strom
erhal

ware
zwei
in d
zoge
hatte

und
V
nicht
Zeit
werd
mun
wes
plica

Roh
eine
(Fig
Stro
geän
phra

Por

der beider Röhren wurden durch Siegelack verkittet und durch diese Kittung reichten die Enden des Silberdrahtes hindurch. Zwei auf solche Weise isolirte Spiralen wurden dann in ein größeres Gefäß mit Wasser gestellt, so daß sie immer die Temperatur dieses Wassers hatten, welche nur um 2° bis 3° C. schwankte. Die dadurch hervorgebrachte Aenderung des Widerstandes fiel also innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler. Die angewandten Ströme waren auch so schwach, daß die Erwärmung des Drahtes nur sehr unbedeutend seyn konnte, indem die Tangenten der an der Tangentenbussole beobachteten Ablenkungswinkel mit 5,672 zu multipliciren waren, um die Stromintensität in Weber'schen Einheiten ausgedrückt zu erhalten.

17. Es wurden nun zwei Thonplatten, deren Dicken

$$d_1 = 2^{\text{mm}},078$$

$$d_2 = 2^{\text{mm}},064$$

waren, in zwei gleiche Diaphragmaapparate gekittet. Die zweite Platte war auf beiden Seiten, bis auf einen Kreis in der Mitte, trocken mit geschmolzenem Siegelack überzogen worden, so daß die freien Oberflächen die Radien hatten:

$$r_1 = 11^{\text{mm}},7$$

$$r_2 = 4^{\text{mm}},7$$

und sich also wie 6,06 : 1 verhielten.

Wurden die Platinplatten eines Diaphragmaapparates nicht mit einander verbunden, so konnte beliebig lange Zeit destillirtes Wasser durch die Thonplatten getrieben werden, ohne daß nach dem Aufhören der Wasserströmung ein Ausschlag am Spiegelmultiplicator bemerkbar gewesen wäre, wenn jetzt die Platinplatten durch den Multiplicator geschlossen wurden.

Beide Diaphragmaapparate wurden vor das T förmige Rohr des Druckapparates geschraubt und abwechselnd der eine oder der andere Apparat in die Nebenschließung 3 (Fig. 7 Taf. I) der Daniell'schen Kette eingeschaltet. Die Stromintensität wurde so lange mittelst des Rheochords geändert, bis am Multiplicator beim Schließen des Diaphragmaapparates kein Ausschlag mehr zu bemerken war,

und dann der Stand der Tangentenbussole abgelesen. Natürlich wurde dabei darauf gesehen, daß keine Polarisation oder sonst eine merkliche Ungleichartigkeit der Platinelektroden des Diaphragmaapparates vorhanden war. Der Nullpunkt der Tangentenbussole wurde nach jeder Ablesung bestimmt, um die Schwankungen desselben zu eliminiren.

In der folgenden Tafel geben die Columnen s die dem Drucke p entsprechenden Ablenkungen der Tangentenbussole in Scalentheilen:

Apparat 1.					Apparat 2.				
No.	s	p	$\frac{s'}{s}$	$\frac{p'}{p}$	s	p	$\frac{s'}{s}$	$\frac{p'}{p}$	
1	195,1	1989 ^{mm}			168,8	1980			
2	151,5	1514	1,287	1,284	139,1	1528	1,213	1,296	
3	117,2	1157	1,664	1,720	107,7	1150	1,568	1,722	
4	75,2	723	2,584	2,752	64,7	748	2,609	2,647	
5	46,3	407	4,213	4,889	41,3	445	4,087	4,449	
6					19,4	244	8,702	8,116	
Temp. = 14°,5 C.					Temp. = 11°,3 C.				

Die mit $\frac{s'}{s}$ und $\frac{p'}{p}$ bezeichneten Columnen geben das Verhältniß der Werthe von s und p der betreffenden Horizontalreihe zu denen der ersten Horizontalreihe. Man sieht, die Verhältnisse sind nahe dieselben, und es verhalten sich also die Ablenkungen der Tangentenbussole oder die elektromotorischen Kräfte des Diaphragmaapparates wie der Druck, der die Flüssigkeit durch das Diaphragma treibt, wie das auch die frühere Methode ergeben hat.

18. In der folgenden Tafel sind die Beobachtungen an denselben beiden Diaphragmaapparaten mit einander verglichen, wie sie im Laufe mehrerer Tage erhalten wurden, während der Druck nahe derselbe blieb. s sind wieder die Ablenkungen der Tangentenbussole, m die in der Minute durchgeflossenen Wassermengen in Grammen; die unteren Indices beziehen sich auf die Apparate 1 und 2:

No.	s_1	s_2	m_1	m_2	$\frac{m_1}{m_2}$	p	Temp.
1			$\overline{1,760}$	$\overline{0,539}$	3,265	1985 ^{mm}	13°, 8 C.
2	182,5		1,497			1987	
3		152,5		0,422		1990	14 ,0
4	182		1,606	0,580	3,801	1982	14 ,0
5		170		0,393		1998	14 ,3
6	209,5					1990	9 ,5
7		179,4				2000	
8	229,4	163,7	1,221	0,248	4,931	2000	12 ,0
9	227,6	160	1,111	0,214	5,176	1980	10 ,5
10		174,6	1,087	0,191	5,702	1985	11 ,6
11	227,6					1992	11 ,1

In Folge der Gleichung (11) sind s_1 und s_2 proportional den elektromotorischen Kräften, und es ergibt sich also für beide Diaphragmaapparate nahe dieselbe elektromotorische Kraft. Die Werthe der elektromotorischen Kräfte zeigen wenigstens keine größeren Unterschiede, als wie sie bei demselben Apparate vorkommen, wenn die Versuche längere Zeit dauern. Zwischen den Versuchen 7 und 8 wurde etwa vier Stunden hindurch Wasser durch beide Diaphragmaapparate getrieben, ohne daß sie geschlossen waren, und man sieht, wie dadurch die elektromotorische Kraft geändert worden war.

Von einer Aenderung der Temperatur des Diaphragmaapparates kann der Unterschied nicht herrühren, denn diese findet sich in der letzten Columne angegeben, und es zeigen sich schon bei derselben Temperatur große Unterschiede.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Aenderungen von der Verschiedenheit des destillirten Wassers herrühren, vielleicht auch davon, daß von der Substanz der porösen Wand Theilchen aufgelöst werden. Dazu kommt, daß oft auch der Apparat mit kleinerer freier Oberfläche die größere elektromotorische Kraft hat, und daß man trotz der größten Sorgfalt, fremde Stoffe fernzuhalten, nicht im Stande

ist, constante Resultate zu bekommen. Die porösen Körper condensiren alle, wie es beim Platinschwamm und der Kohle in so hohem Grade der Fall ist, auf ihrer Oberfläche Gase und andere in der Luft enthaltene fremde Stoffe, so dafs man durchaus nicht sagen kann, zwei Thonplatten, die aus derselben gröfseren Platte geschnitten sind und die scheinbar auf gleiche Weise behandelt wurden, haben dieselbe Oberflächenbeschaffenheit.

19. Durch dieselben Umstände erklären sich dann auch die Verschiedenheiten der elektromotorischen Kraft eines Diaphragmaapparates 3, der mit 1 zugleich untersucht wurde, wo der Radius der freien Oberfläche und die Dicke des Diaphragmas gefunden waren:

$$r_3 = 12^{\text{mm}}, 1$$

$$d_3 = 4^{\text{mm}}, 046.$$

Die folgende Tafel giebt die beobachteten Werthe von s , m und p . Die unteren Indices beziehen sich wieder auf die Apparate.

No	s_1	s_3	m_1	m_3	$\frac{m_1}{m_3}$	p	Temp.
1	182		^{gr} 1,606	^{gr}		1982 ^{mm}	14° C.
2		182	1,683	0,958	1,757	1989	14
3	195,6	183,1	1,614	1,009	1,600	1997	14 ,3
4	195,1		1,571	0,974	1,614	1989	14 ,9
5	227,6		1,087			1992	11 ,1
6	220,0	170,2	1,078	0,880	1,227	1992	12 ,6

Zwischen den Beobachtungen 4 und 5 liegen mehrere Tage; ebenso zwischen 5 und 6.

Die elektromotorische Kraft ist also in beiden Apparaten nahe dieselbe, während die Thonplatte des Apparates 3 fast die doppelte Dicke von der in 1 hat und die Oberflächen beider dieselben sind. Die Schwankungen sind im Anfange des Versuches, wo das Wasser noch nicht die Oberfläche der Platten geändert hat, geringer als später.

20. Was die durchgeflossenen Wassermengen betrifft, so sieht man aus allen angeführten Tabellen, dafs die elektromotorische Kraft unabhängig von derselben ist, und dafs

sich auch keine gesetzmäßige Abhängigkeit derselben von der Dicke der Thonplatten und der freien Oberfläche ergibt. Der Grund des letzteren liegt, wie schon oben angedeutet wurde, in der Veränderung der Weite der Capillarröhren, aus denen die Thonplatten bestehen, während der Dauer einer Versuchsreihe, wie denn bei dickeren Platten und kleinerer freier Oberfläche natürlich weniger Wasser hindurchfließen kann bei demselben Drucke.

Um also die gefundenen Gesetze kurz zusammenzufassen, so ist die *elektromotorische Kraft, die auftritt, wenn ein gewisser Druck reines Wasser durch eine Thonplatte treibt, unabhängig von der Gröfse und Dicke der Thonplatte, unabhängig von der durchgeflossenen Wassermenge, aber proportional dem angewandten Drucke.*

22. Um ferner die elektromotorische Kraft des Diaphragmaapparates mit der einer Daniell'schen Kette vergleichen zu können, was durch die Gleichung (11) möglich wird, wurde der Strom einer solchen Daniell'schen Kette durch die Tangentenbussole geleitet und die Ablenkung σ bestimmt. Ebenso wurde dann die Ablenkung σ , bestimmt, nachdem die beiden Silberspiralen eingeschaltet waren. Die Beobachtung ergab:

$$\sigma = 185,8 \qquad \sigma_1 = 110,7$$

und die Gleichung (11) geht dadurch über in:

$$e = 0,0036513 D \cdot s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Nimmt man als Mittelwerth für den Druck:

$$p = 2000^{\text{mm}} \qquad s = 200^{\text{mm}}$$

so folgt daraus:

$$e = 0,72026 D$$

oder für den Druck $760^{\text{mm}} = 1$ Atmosphäre:

$$e = 0,2737 D \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Das specifische Gewicht der angewandten Thonplatten ergab sich gegen ausgekochtes Wasser bei 16°C.

$$= 2,4793.$$

Die bei diesen Versuchen auftretende elektromotorische Kraft ist also ganz bedeutend, und nur in der schlechten

Leitungsfähigkeit des destillirten Wassers liegt es, daß die auftretenden Ströme so geringe Intensität haben.

22. Um darüber entscheiden zu können, ob der Strom des Diaphragmaapparates sofort auftritt, sobald das Wasser durch die Thonplatte zu fließen beginnt, genügt es nicht, den Ausschlag der langsam schwingenden astatischen Nadel zu beobachten, denn es wird immer eine geraume Zeit verfließen, bis diese sich in Bewegung setzt.

Ich habe zu diesem Zwecke das physiologische Rheoskop¹⁾, den stromprüfenden Froschschenkel, angewandt, der ja um so stärker zuckt, je schneller die Intensität des erregenden Stromes anwächst.

Der Unterschenkel eines Frosches wurde auf eine Glasplatte und der zugehörige *Nervus ischiadicus* so auf zwei isolirte Zinkstreifen gelegt, welche mit den Platinplatten eines Diaphragmaapparates in Verbindung standen, daß der Strom desselben ein möglichst langes Stück des Nerven durchfließen mußte. Wenn bei einem Drucke von 1000^{mm} bis 2000^{mm} der Strom des Diaphragmaapparates durch Eintauchen oder Herausnehmen eines Drahtendes in ein Quecksilbernäpfchen geschlossen oder geöffnet wurde, so gab der Froschschenkel lebhaft Schließungszuckung, oder Schließungs- und Oeffnungszuckung, je nach der Stromstärke und der Phase der Erregbarkeit, in der er sich befand.

Wurde nun der Stromkreis des Diaphragmaapparates geschlossen gelassen, und durch schnelles Oeffnen des Hahnes *O'* (Fig. 5 Taf. 1) des Druckapparates plötzlich der Druck auf das Wasser des Diaphragmaapparates ausgeübt, so gab der Froschschenkel ebenfalls Schließungszuckung, aber schwächer, als beim Schließen des Quecksilbercontacts.

Es rührt dies daher, weil der Druck sich nicht so schnell aus dem Windkessel durch das T förmige mit Wasser ge-

1) E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektrizität, Bd. I, S. 254 u. 413; und Dove, Untersuchungen im Gebiete der Inductionselektrizität, S. 18.

füllte Rohr und den Kegelverschluss bis zum Diaphragmaapparate fortpflanzen kann.

Wenn man nämlich das Seitenrohr *D* des Diaphragmaapparates (Fig. 2 Taf. I) durch die in Fig. 9 Taf. I angegebene Vorrichtung nach Art eines Sicherheitsventiles verschließt, so kann, selbst wenn der Hahn *O'* des Druckapparates geöffnet ist, kein Wasser durch das Diaphragma strömen, und es ist also kein elektrischer Strom vorhanden, wie es sich mit Multiplicator und Froschsenkel nachweisen läßt. An das Rohr *D* sind nämlich zwei Oesen *O* angekittet, in denen ein horizontales Drahtstück leicht drehbar ist. Senkrecht gegen dieses horizontale Drahtstück ist dann der Draht *Q* gelöthet, der mit seinem nach unten gewölbten Theil auf die Messingplatte *P* drückt, die auf ihrer unteren Seite eine Korkscheibe trägt. Das Gewicht *R* drückt also mittelst des Hebels *Q* die Korkscheibe auf die Oeffnung des Rohres *D* und verschließt dieselbe mit einer Kraft, die durch Verschieben von *R* regulirt werden kann. Hebt man *R* plötzlich, so hebt der Wasserdruck im Diaphragmaapparat eben so plötzlich die Platte *P*, das Wasser kann durch das Diaphragma fließen und der Froschsenkel wird lebhaft Schließungszuckung geben, eben so, wie wenn der Strom durch Quecksilbercontact geschlossen worden wäre.

Es findet diels natürlich statt, mag der elektrische Strom den Nerven aufsteigend oder absteigend durchfließen.

Das Sicherheitsventil läßt sich jedoch nicht so schnell schließen, daß dadurch auch Oeffnungszuckung hervorrufen wird.

Die Versuche waren dieselben, mochte die Thonplatte des Diaphragmaapparates eine Dicke von 2^{mm} oder 4^{mm} haben.

Der Strom des Diaphragmaapparates tritt also, soweit es das physiologische Rheoskop beobachten läßt, sofort mit seiner ganzen Stärke auf, sobald die Wasserströmung durch das Diaphragma beginnt.

23. Da es wünschenswerth schien, die von mir beob-

achteten Ströme auch mit geringen Hilfsmitteln zeigen zu können, besonders ohne einen Multiplicator mit einer grossen Anzahl Windungen nöthig zu haben, so habe ich folgenden Apparat construirt, der in Fig. 10 Taf. I in etwa $\frac{1}{3}$ natürlicher Grösse abgebildet ist.

In eine cylindrische Thonzelle *T* ist mit Siegelack eine Glasglocke eingekittet, die sich in das zwei Mal rechtwinklig gebogene Glasrohr *G* fortsetzt. Durch die Glasglocke führt ein eingeschmolzener Platindraht zu der Platinplatte *P* im Innern des Thoncyinders. Das Glasrohr *G*, die Glasglocke und der Thoncyinder werden nun vollständig mit destillirtem Wasser gefüllt, dann der geöffnete Hahn *H* auf die in *G* festgekittete Messingfassung geschraubt und geschlossen. Der so mit destillirtem Wasser gefüllte Thoncyinder *T* wird in ein etwas grösseres Glasgefäss gestellt, das ebenfalls destillirtes Wasser und die Platinplatte *P'* enthält. Die Platinplatten *P* und *P'* stehen mit einem Multiplicator von etwa 600 Windungen mit astatischer Nadel in Verbindung. Damit der Widerstand des von dem Thoncyinder und den beiden Platinplatten gebildeten Diaphragmaapparates möglichst gering sey, müssen die Platinplatten so nahe wie möglich an der Oberfläche des Thoncyinders sich befinden.

An den Hahn *H* wird nun der Druckapparat geschraubt. Dieser besteht aus einer U förmigen Glasröhre mit einem weiteren Schenkel *V* und einem engeren *Q*. In das untere Ende von *V* sind zwei Platindrähte eingeschmolzen, die zwei Platinplatten tragen. In die Röhre *V* wird ein Tropfen Quecksilber gethan, dann verdünnte Schwefelsäure darauf gegossen, bis dieselbe etwa zur Hälfte gefüllt ist, und hierauf das offene Ende des Schenkels *Q* mit dem Löthbrohre zugeschmolzen. Der Quecksilbertropfen befindet sich dann in der als Manometer dienenden Röhre *Q*. In das offene Ende von *V* ist eine Messingfassung gekittet, mit welcher der ganze Apparat an den Hahn *H* angeschraubt wird.

Es wird nun der Strom einer Säule von etwa vier Bunsen'schen Elementen durch die in *V* eingeschmolzenen

Platin
Schw
woll
entw
sung
späte
werd
selbe
M
bis d
fortg
drei
lich
desti
cylind
von
achte
draht
um
Luft
Druck
treib
I
alle
selbe
Atm
man
A
schr
hanc
tung
säur
rung
abfä
sene
Sch
dure

Platindrähte geleitet und die in V enthaltene verdünnte Schwefelsäure dadurch zersetzt. Ein Bausch von Baumwolle im oberen Theile von V verhindert, daß die Gasentwicklung Theilchen der Flüssigkeit an die Messingfassung schleudert, wodurch dieselbe angegriffen und auch später das Wasser des Diaphragmaapparates verunreinigt werden könnte, so daß dann die elektrischen Ströme derselben nicht mehr sichtbar seyn würden.

Man läßt nun die Gasentwicklung in V so lange dauern, bis das Manometer Q , an welchem eine in der Zeichnung fortgelassene Scale angebracht ist, einen Druck von etwa drei Atmosphären anzeigt. Wird dann der Hahn H plötzlich geöffnet, so treibt das in V comprimirte Knallgas das destillierte Wasser des Diaphragmaapparates durch den Thoncylinder T , und man wird am Multiplicator einen Ausschlag von etwa 10^0 im Sinne eines elektrischen Stromes beobachten, der von der Platinplatte P' durch den Multiplicatordraht nach P fließt. Der elektrische Strom wird natürlich um so schneller abnehmen, je kleiner der mit comprimierter Luft erfüllte Raum in V war und je schneller also der Druck abnimmt, der die Flüssigkeit durch den Thoncylinder treibt.

Bei dem kleinen Krümmungsradius, den in dieser Form alle Theile des Apparates haben, ist ein Zerspringen desselben nicht leicht zu fürchten, selbst wenn der Druck drei Atmosphären um ein bedeutendes übersteigen sollte, zumal man den Druck vollkommen in seiner Gewalt hat.

Aus diesem letzteren Grunde und auch weil der beschriebene Apparat sich aus der Ferne mit Leichtigkeit handhaben läßt, verdient er den Vorzug vor der Einrichtung, wo der Druckapparat eine mit Zink und Schwefelsäure gefüllte Röhre V' (Fig. 9, Taf. I) ist, deren Einschnürung verhindert, daß das Zink in die Schwefelsäure hinabfällt. Durch Schütteln oder Neigen des vor den geschlossenen Hahn H geschraubten Apparates kann man dann die Schwefelsäure mit dem Zink in Berührung bringen, und so durch das entwickelte Wasserstoffgas den gewünschten

Druck erzeugen. Bei der Kenntniss des Volums von V läßt sich auch leicht durch Wägen der hereingebrachten Menge Zink die entwickelte Menge Wasserstoffgas und der dadurch erzeugte Druck im Voraus bestimmen.

Steht einem kein Multiplicator zu Gebote, so kann man mit dem stromprüfenden Froschschenkel leicht einen Strom zwischen den Platinplatten P und P' des Apparates Fig. 10, Taf. I, nachweisen, indem derselbe zuckt, wenn der Hahn H geöffnet wird, und auch noch eine kleine Zeit nachher beim Schließen oder Oeffnen eines Quecksilbercontactes, durch Schließungs- und Oeffnungszuckung die Fortdauer des elektrischen Stromes anzeigt.

Ebenso lassen sich die eingeschmolzenen Platindrähte leicht durch solche ersetzen, die mit Siegellack eingekittet werden, so daß die Herstellung des ganzen Apparates keine Schwierigkeiten hat.

Durch Vergrößerung der Dimensionen des Apparates kann man die Wirkung auf die Multiplicatornadel erhöhen, wie denn besonders durch Vergrößerung des Thoncylinders der Widerstand verringert wird. Wesentlich dabei ist, daß der Thoncylinder rein ist, und es wird also am besten ein neuer Thoncylinder angewandt werden.

24. Man könnte nun meinen, die beobachteten elektrischen Ströme rührten einfach von der Reibung her, die das Wasser in der Thonwand erleidet. Wenn nun auch der Begriff Reibung zu denjenigen gehört, mit denen ein unbekanntes Etwas bezeichnet zu werden pflegt, so glaube ich doch nicht, daß die hier auftretende Elektricität Reibungselektricität ist, wie sie z. B. bei einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine auftritt, wobei nicht die Möglichkeit geleugnet werden soll, daß einmal beide Elektricitätsquellen auf dieselbe Grundursache zurückgeführt werden können.

Die Thatsache, daß die elektrischen Ströme immer im Sinne der Flüssigkeitsströmung stattfinden und durch Zusatz von Säuren und Alkalien geschwächt werden, ist freilich in Uebereinstimmung mit der Angabe Faraday's ¹⁾

1) *Faraday, experim. research. II. S. XVIII. 2099.*

bei C
Dampf
per g
satz v
Wirk
nicht
und d
werde
lirtem
tor be
von d
als d
so mü
Strom
Da
fetten
die en
per p
Ich ha
zum d
mals d
mer e
obwol
phragm
Ne
wir e
Diaph
durch
wand
währen
— E a
Es
gative
Diaph
warum
ven de
der sic

bei Gelegenheit der Versuche über die Elektrizität der Dampfstrahlen, daß das Wasser, gegen alle anderen Körper gerieben, positiv elektrisch wird, und daß durch Zusatz von Säuren und Alkalien zum destillirten Wasser die Wirkung abnimmt. Faraday sagt aber ausdrücklich, daß nicht alle Körper gleich stark negativ elektrisch werden, und daß z. B. Elfenbein nur schwach negativ elektrisch werde. Ich habe mit Sägespänen des letzteren und destillirtem Wasser aber ziemlich starke Ströme am Multiplicator beobachtet. Wenn nun auch wohl ein Multiplicator von der angewandten Einrichtung empfindlicher seyn mag als das von Faraday angewandte Goldblattelektrometer, so müßte doch immer ein Unterschied in der Stärke des Stromes zu bemerken gewesen seyn.

Dazu kommt, daß durch Zusatz von Terpenthin oder fetten Oelen zum Wasser die Wirkung der Dampfstrahlen die entgegengesetzte wurde, indem jetzt die geriebenen Körper positiv, die Dampfstrahlen negativ elektrisch wurden. Ich habe aber bei Zusatz von Terpenthin oder Knochenöl zum destillirten Wasser, wie ich oben angegeben habe, niemals die entgegengesetzte Wirkung beobachtet, sondern immer elektrische Ströme im Sinne der Flüssigkeitsbewegung, obwohl doch das Wasser das Oel in den Poren des Diaphragmas verschob und schließendlich verdrängte.

Nehmen wir jedoch für den Augenblick einmal an, daß wir es hier mit Reibungselektrizität zu thun haben. Das Diaphragma habe die freie Oberfläche 1 und es werde durch die Reibung der Wassermoleküle gegen die Thonwand denselben die positive Elektrizitätsmenge E mitgetheilt, während dann das Thondiaphragma die Elektrizitätsmenge $-E$ annehmen würde.

Es müßten alsdann die Wassermoleküle selbst die negative Elektrizität des Diaphragmas zur Platinplatte A des Diaphragmaapparates ableiten. Dabei fällt es schon auf, warum diese negative Elektrizität sich nicht mit der positiven der durchgeströmten Wassermoleküle ausgleicht, von der sie ja angezogen wird; denn die Flüssigkeit leitet nach

der einen Seite so gut, wie nach der anderen, ja nach der Seite *B* noch besser, wenn man annimmt, daß die mitgeführten oder aufgelösten Partikelchen des Diaphragmas die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit erhöhen. Und warum gleichen sich diese freien Elektricitäten nicht schon früher in der Flüssigkeit selbst wieder aus, sondern legen erst den weiten Weg bis zu den Platinelektroden zurück, um durch den Multiplicatordraht diese Ausgleichung vorzunehmen? Und es ist doch von Kirchhoff gezeigt worden, daß die Strömungen der Elektricität immer der Art sind, daß die dadurch erregte gesammte Wärmemenge ein Minimum wird. Die Elektricität müßte darnach also auch hier den kürzeren Weg, auf dem sie weniger Wärme erregt, vorziehen.

Aus meinen Versuchen folgt außerdem die Unabhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Entfernung der Platinplatten von dem Diaphragma, so daß dennoch nicht, selbst bei großer Entfernung derselben, ein Theil der Elektricität durch das Wasser hindurch sich ausgleicht.

Daß die elektromotorische Kraft mit dem Drucke zunimmt und dabei unabhängig von der Menge des durchgeflossenen Wassers und der Dicke der Thonwand ist, würde sich durch die Annahme erklären lassen, daß nicht alle Flüssigkeitsmoleküle mit der Oberfläche des festen Körpers in Berührung kommen, und daß die Anzahl derselben, bei welcher dieß wirklich stattfindet, allein vom Drucke abhängt; denn wenn auch bei größerer Dicke oder engeren Poren des Diaphragmas weniger Flüssigkeit hindurchströmt, so ist dafür doch für jedes einzelne Flüssigkeitsmoleküle die Wahrscheinlichkeit größer, daß es die Oberfläche des festen Körpers berühren wird. Von dem ungleichen Drucke, mit welchem die Flüssigkeitsmoleküle gegen die des festen Körpers gedrückt werden, und von der Geschwindigkeit, mit der dieselben an einander vorübergeführt werden, würde man die verschiedene elektrische Spannung nicht ableiten können, da Péclet ¹⁾ gezeigt hat,

1) Péclet, *mémoire sur l'électricité produite par le frottement*. *Ann. de chim et de phys.* LVII. 1834.

freilich
Spannung
die M
mit w
werde
punkte
einer
zunehm

Do
wenn

wo K
Wider
der Z
Elektr
wickel

wo q
geänd
das m
Zeiteit
vergrö

oder

d. h.
Oberf
gefun

M
freie
gleich
die e
ist, w
erzeug
elektr
also
eine

freilich bei einer Elektrisirmaschine, daß die elektrische Spannung unabhängig ist von der Geschwindigkeit, mit der die Maschine gedreht wird, und unabhängig von dem Drucke, mit welchem die geriebenen Körper gegen einander gepreßt werden, sobald nicht durch den Druck die Berührungspunkte beider vermehrt werden, und das letztere ist bei einer Flüssigkeit und einem festen Körper doch nicht anzunehmen.

Doch gehen wir weiter. Es sey i die Stromintensität, wenn das Diaphragma die freie Oberfläche 1 hat, so ist:

$$iw = K,$$

wo K die elektromotorische Kraft und w den gesammten Widerstand bedeutet. Da nun die Stromintensität i , die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des Leiters strömende Elektricitätsmenge, proportional der in der Zeiteinheit entwickelten Elektricitätsmenge E ist, so ist also:

$$q \cdot E \cdot w = K \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

wo q eine Constante bedeutet. w wird nicht wesentlich geändert, wenn die freie Oberfläche des Diaphragmas um das n fache vergrößert wird, wohl aber ist dann die in der Zeiteinheit entwickelte Elektricitätsmenge um das n fache vergrößert worden, und man hat also jetzt:

$$nq \cdot Ew = K' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

oder aus den Gleichungen (14) und (15):

$$nK = K',$$

d. h. die elektromotorische Kraft müßte mit der freien Oberfläche des Diaphragmas zunehmen, was gegen das oben gefundene Gesetz ist.

Man kommt also mit der Annahme, daß die entwickelte freie Elektricität selbst durch den Multiplicator sich ausgleicht, nicht aus. Man kann jedoch weiter annehmen, daß die entwickelte freie Elektricität bloß die treibende Kraft ist, welche in derselben Weise wie die durch den Contact erzeugte Menge freier Elektricität bei einer gewöhnlichen elektrischen Kette den Strom hervorbringt. Dann würde also die Einheit der freien Oberfläche des Diaphragmas eine bestimmte Menge freier Elektricität in der Zeiteinheit

erzeugen, und von dieser die Spannung der freien Elektricität abhängen. Da jeder Theil der freien Oberfläche dieselbe Elektricitätsmenge erzeugt, so hätte das Potential der freien Elektricität auf der ganzen *A* zugewandten Seite des Diaphragmas einen constanten Werth, und ebenso auf der *B* zugewandten Seite. Von der Differenz beider Werthe würde dann der elektrische Strom abhängen.

Doch nun tritt wieder die schon oben erwähnte Schwierigkeit auf, wo denn die negative Elektricität des Diaphragmas bleibt. Die positiv elektrischen Wassermoleculé sammeln sich auf der Seite *B* des Diaphragmas, denn die Wasserströmung treibt sie dorthin. Die einzelnen Theilchen der Thonwand leiten aber die Elektricität nicht, und selbst wenn man für Thon ein Leitungsvermögen in Anspruch nimmt, so kann man dieß doch nicht mehr bei anderen Stoffen, wie z. B. Seide und Schwefel, bei denen dieselben elektrischen Ströme auftreten. Die einzelnen negativ elektrischen Theilchen der Thonwand, die mit den positiv elektrischen Wassermoleculén gemengt sind, können aber doch nicht auf das außerhalb des Diaphragmas befindliche Wasser eine Wirkung ausüben.

Nun könnte man sagen, die elektrische Spannung rührt allein von der freien positiven Elektricität der Wassermoleculé her, und die Differenz ist nicht $2E$, sondern E . Dann müßte sich aber bei der Fortdauer der Wasserströmung auf den Moleculén der Thonwand eine unbegrenzte Menge negativer Elektricität ansammeln, und wie das möglich ist, kann ich nicht einsehen.

Dazu kommt, wenn das Diaphragma aus einer leitenden Substanz, z. B. Platinschwamm, besteht, und man die Platindrähte *A* und *B*, die zum Multiplicator führen, mit der Substanz des Diaphragmas selbst in Berührung bringt, in der Weise, daß der eine Draht am einen, der andere am anderen Ende des Diaphragmas sich befindet, daß man dann ebenfalls einen elektrischen Strom am Multiplicator beobachtet, der im Diaphragma die Richtung der Wasserströmung hat. Im Diaphragma selbst hat das Wasser jedenfalls

versch
müßst
A, d
Multi
gleich
tive
tung
wie
sich
Ic
schen
wenn
voraus
D
trisch
durch
rung
chen,
B

II.

Die
von D
thode,
Dimer
men,
ciser
ander
schied
stimme

verschiedene elektrische Spannung. Am Ende *B* desselben müßte daher mehr freie positive Elektricität seyn, als bei *A*, die sich durch zwei Zweige der Leitung, nämlich den Multiplicatordraht und die Substanz des Diaphragmas, ausgleicht. Ebenso müßte dann aber auch bei *B* mehr negative Elektricität seyn, und diese würde in derselben Richtung den Multiplicator und das Diaphragma durchfließen, wie die positive Elektricität, d. h. beide Ströme würden sich compensiren.

Ich glaube also nicht, daß man die bei diesen elektrischen Strömen auftretenden Erscheinungen erklären kann, wenn die Molecüle des Diaphragmas ebenfalls elektrisch vorausgesetzt werden.

Die Versuche, welche über die Abhängigkeit dieser elektrischen Ströme von der Substanz des Diaphragmas und der durchgepreßten Flüssigkeit entscheiden und die zur Erklärung derselben zu führen scheinen, werde ich veröffentlichen, sobald dieselben in größerer Anzahl vorliegen.

Berlin im März 1859.

II. *Zur Bestimmung der Brechungsverhältnisse; von Dr. H. Zinken, genannt Sommer.*

Die erste Methode, Brechungsindices zu bestimmen, rührt von Descartes her. Sie ist, wie später nur noch die Methode, durch Messung der Vereinigungsweiten bei bekannten Dimensionen einer Linse deren Brechungsindices zu bestimmen, auf Längenmessungen basirt. Man hat dann, den präciser ausführbaren Winkelmessungen den Vorzug gebend, andere Wege eingeschlagen, unter Zugrundelegung der verschiedensten Messungsprincipien. Die gebräuchlichste Bestimmung ist die durch Messung des Winkels, um welchen

ein einfallender Strahl durch den vorliegenden, prismatisch geformten Körper abgelenkt wird, und zwar gemeinlich durch Messung des Minimums der Ablenkung, von welcher Beschränkung sich jedoch Dutirou bei einigen Messungen unabhängig machte. Von Hrn. Professor Listing ist außerdem noch die Veröffentlichung einer Methode in Aussicht gestellt, bei welcher der austretende Strahl das Prisma senkrecht gegen dessen letzte Fläche verläßt.

Mit der Ausbildung dieser Methoden, für welche die Entdeckung der Fraunhofer'schen Streifen bahnbrechend war, haben sich seither die größten Physiker beschäftigt. Mehr vereinzelt stehen dagegen andere Verfahrensarten da, wie die Bestimmungen Wollaston's durch Messung des Gränzwinkels der totalen Reflexion, oder die von Jamin durch Messung des Haupteinfallswinkels der Polarisation.

Im Gegensatze zu allen mir bekannt gewordenen Methoden, bei welchen die zu messenden Winkel an getheilten Kreisen abgelesen wurden, sind die nachfolgenden Blätter einem Versuche gewidmet, die bekannte Methode der Winkelmessung mit Spiegel und Scale auf die Bestimmung der Brechungsindices anzuwenden.

1.

Bei dem Versuche, den Brechungsindex mit Hülfe der in Rede stehenden Art der Winkelmessung zu bestimmen, sind zunächst die Anforderungen an die zu erzielenden Resultate einigen Modificationen zu unterwerfen.

Indem nämlich die genannte Methode nur geeignet ist, verhältnißmäfsig kleine Winkel zu messen, wenn man nicht durch allzugroße Annäherung des Fernrohrs mit Scale und der spiegelnden Fläche auf einen großen Theil der Schärfe der Messung verzichten will, so wird der Schluss von diesen gemessenen Winkeln auf das verhältnißmäfsig große Brechungsverhältniß ein ziemlich unsicherer und dem berechneten Werthe desselben geht die große Schärfe der Messung mehr oder weniger verloren. In der That ergab eine von mir versuchte Methode zur absoluten Bestimmung

der I
befrie
treten
den
bestin
cher
nen,
die C
ihnen
wink

D
nur k
wird
müsse
meine
zu be
geme
derer
müsse
die z
vorge
Brech
zu fo
geme
Wert
gen a
In
des M
nur c
und c

Io
zu le
ein P
sowie
das I
bishe

Pog

der Brechungsindices vermittelt Spiegel und Scale sehr unbefriedigende Resultate. Dieselben ungünstigen Verhältnisse treten ein, wenn man versucht, den Winkel des anzuwendenden Prismas durch diese Art der Winkelmessung zu bestimmen. Ich versuchte eine Methode, vermittelt welcher man den ganzen Prismenwinkel, so zu sagen, aus kleinen, meßbaren Winkeln zusammensetzte. Auch hier ging die Genauigkeit der einzelnen Winkelmessungen der aus ihnen zusammengesetzten Bestimmung des ganzen Prismenwinkels von beiläufig 36° verloren.

Dieser Eigenthümlichkeit der Winkelmessungsmethode, nur kleine Winkel genau messen zu können, entsprechend, wird man sich also von vornherein darauf beschränken müssen, nur Differenzen der Indices, und zwar im Allgemeinen die Differenzen der Indices verschiedener Prismen zu bestimmen. Ein Normalprisma mit sorgfältig und oft gemessenen Indices voraussetzend, wird man die Indices anderer Prismen mit Hülfe dieser zu bestimmen versuchen müssen. Eine Specialisirung dieser allgemeinen Aufgabe ist die zu fordernde Bestimmung der unbekannten Indices eines vorgelegten Prismas vermittelt der, für Strahlen anderer Brechbarkeit schon gemessenen Indices desselben, oder die zu fordernde Bestimmung von Correctionen für die schon gemessenen Indices eines Prismas, indem die plausibelsten Werthe dieser Correctionen aus den Differenzbeobachtungen abzuleiten sind.

In ähnlicher Weise wird es nöthig seyn, den Winkel des Normalprismas als genau gemessen vorauszusetzen, und nur die Bestimmung der Differenzen der Winkel dieses und der zu untersuchenden Prismen zu fordern.

2.

Ich wende mich jetzt zur Aufsuchung der zu Grunde zu legenden Messungsprincipien und unterstelle derselben ein Prisma mit senkrecht gerichteten brechenden Flächen, sowie einen horizontalen, von einem Spalte ausgehenden, das Prisma treffenden Lichtstrahl. Im Gegensatze zu den bisher fast ausschließlicb angewandten Bestimmungen des

Ablenkungswinkels des Lichtstrahls durch das Prisma, wird es jetzt naturgemäfs seyn, den aus dem Prisma tretenden Strahl mit der Axe eines festen, mit horizontaler Scale versehenen Fernrohres zusammenfallen zu lassen, andererseits die diesem Fernrohre zugekehrte Prismenfläche als spiegelnde Fläche zu benutzen und den Winkel zu messen, welchen deren Normale mit der Fernrohraxe oder dem mit ihr zusammenfallenden Lichtstrahle macht. Diesen Winkel können wir kurz mit dem Namen Austrittswinkel bezeichnen.

Setzen wir einen in *unveränderlicher* Richtung eintretenden Lichtstrahl voraus, welcher durch das Normalprisma gebrochen, in das Fernrohr geht, dann läßt sich aus dem gemessenen Austrittswinkel, dem (für das Normalprisma) bekannten Index des Strahles und dem bekannten Prismenwinkel durch Verfolgung der einzelnen Brechungen die Neigung des eintretenden Lichtstrahles gegen den austretenden, welcher mit der Fernrohraxe zusammenfällt, also der Ablenkungswinkel, berechnen.

Dieselbe Richtung des austretenden Strahles wird man aber auch erhalten können, wenn man denselben eintretenden Strahl durch das zu untersuchende Prisma (mit ebenfalls senkrecht gerichteten brechenden Flächen vorausgesetzt) brechen läßt, welches freilich dann eine im Allgemeinen andere Stellung einnehmen muß. Eine diesem Zwecke entsprechende Einstellung des zweiten Prismas bei unveränderter Fernrohraxe wird immer möglich seyn, wenn nicht etwa die Fernrohraxe außerhalb des Winkels liegt, welchen die dem Maximum und Minimum der Ablenkung entsprechenden austretenden Strahlen mit einander machen. Den letzteren Fall zu vermeiden, darf der Winkel des zu untersuchenden Prismas von dem des Normalprismas nicht allzusehr verschieden seyn und muß das Fernrohr eine passende Aufstellung erhalten. Die Stellung des zweiten Prismas gegen die Fernrohraxe bestimmt sich aber durch den wieder zu messenden Austrittswinkel; der Prismenwinkel sey durch besondere, der unverändert gebliebene Ab-

lenk
das
inde

legt
nen

Bre
ich
gan
Bei
Bild
Ent
in
ist
den
lich
ser
den
des
die
der

Fer
in
das
spi
den
un
ein
hal
1)

2)

lenkungswinkel durch die frühere Messung in Bezug auf das Normalprisma bekannt: es kann somit der Brechungsindex für das zu untersuchende Prisma berechnet werden.

Dieses ist im Allgemeinen das von mir zu Grunde gelegte Messungsprincip, welches jedoch folgende Modificationen erleiden muß.

a) Um das Zusammenfallen von Strahlen bestimmter Brechbarkeit mit der Fernrohraxe zu ermöglichen, benutzte ich zu deren Charakterisirung, nach Fraunhofer's Vorgänge, die nach ihm benannten Streifen des Spectrums. Bei richtiger Einstellung eines solchen liegt sein virtuelles Bild in der verlängerten Fernrohraxe, und bei endlicher Entfernung des Spaltes vom Prisma im Allgemeinen auch in endlicher Entfernung vom Fernrohre. Diese Entfernung ist jedoch bei den verschiedenen Prismen, allgemein zu reden, verschieden, und um den Streifen mit größter Deutlichkeit sehen zu können, mußte das Fernrohr auf jede dieser endlichen Entfernungen besonders eingerichtet ¹⁾ werden. Das hierdurch nothwendig gewordene Verschieben des Ocular-Auszugsrohres verändert aber im Allgemeinen die Fernrohraxe und man muß daher auf deren Unveränderlichkeit von vornherein verzichten.

Es liegt ferner die Forderung vor, bei unveränderter Fernrohraxe, also ohne Ocular-Verschiebung, einerseits den in Rede stehenden und eingestellten Streifen, andererseits das von der dem Fernrohre zugekehrten Prismenfläche gespiegelte Scalenbild, behufs der zu machenden Ablesung, deutlich sehen zu können. Da durch diese Forderung eine unendliche Entfernung des Spaltes vom Prisma ²⁾, welche einen unendlich entfernten Stand des Fernrohres zur Folge haben würde, ausgeschlossen ist, so wird es nothwendig,

- 1) Um die Operation, durch welche ein Object in die Verlängerung der Fernrohraxe gebracht wird, von der zu unterscheiden, durch welche Objecte in gewisser Entfernung zu größter Deutlichkeit gebracht werden, möge die erstere mit »einstellen«, die zweite aber mit »einrichten« bezeichnet werden.
- 2) Herzustellen durch eine Convexlinse, deren Axe mit dem Strahle, und deren Brennpunkt mit dem Spalt zusammenfallen müßte.

das virtuelle Streifenbild und das Spiegelbild der Scale in endlicher Entfernung zusammenfallen zu lassen, d. h. das Fernrohr mit der Scale vor der letzten Prismenfläche, in der Entfernung des virtuellen Streifenbildes von dieser Fläche aufzustellen. Demgemäß muß das Fernrohr in Bezug auf jedes Prisma eine besondere Stellung erhalten und die Messung der Austrittswinkel für jede Einstellung ergibt dann nur die Stellung der Prismen gegen die resp. Fernrohraxen. Um aber diese Fernrohraxen auf einander reduciren zu können, ist es nöthig, in Bezug auf den Unterschied der Stellung des ersten und zweiten Prismas eine Messung zu machen.

Weist man zu dem Ende bei der zweiten Messung einer Fläche des zu untersuchenden Prismas dieselbe Stellung an, welche die entsprechende Fläche des Normalprismas bei der ersten Messung eingenommen hat und mißt dann die um eine verticale Axe nothwendige Drehung, um den Streifen zur Einstellung zu bringen, mit Hülfe eines zweiten, mit Scale versehenen Fernrohrs (wir nennen dieses: Fernrohr II, das bisher in Rede stehende: Fernrohr I), so kann auch dieser Anforderung Genüge geschehen.

b) Eine andere Modification des Verfahrens erwächst aus der endlichen Entfernung des Spaltes vom Prisma.

Diese veranlaßt nämlich, daß Lichtstrahlen in verschiedenen Richtungen vom Spalt auf das Prisma fallen, und es ist nicht abzusehen, wie es möglich wäre, einem derselben mit, für die Dauer der Messung, fester Richtung zu isoliren.

Dagegen wird es thunlich seyn, die beiden Prismen so aufzustellen, daß die dem Fernrohre I in seinen verschiedenen Stellungen zugewandten Prismenflächen eine gemeinschaftliche senkrechte Linie L (welche sich als Drehungsaxe des den Prismen zur Aufstellung dienenden Instrumentes wird realisiren lassen) haben, und auf diese Linie die Fernrohraxe einzustellen, so daß alle mit der Fernrohraxe zusammenfallenden Strahlen durch diese Linie gegangen seyn müssen. Fallen die brechenden Prismenkanten nicht mit L zusammen, so wird, allgemein zu reden, der eintre-

ten
klei
ist
klei
Cor

Bei
geze
fen
ser
eine
fern
aus
den
 Δk
eine
stim

Prim
Hrn.
Geb
diese
gen,
in al

Füß
recht
in ih
 P als
eine
schra
erste

senk
Mess.

1) B

tende Strahl für beide Messungen nicht derselbe seyn; bei kleinen Entfernungen der Prismenkanten von der Linie L ist jedoch auch die Abweichung der eintretenden Strahlen klein und kann, mit Hülfe jener Entfernungen bestimmt, als Correction in Rechnung gebracht werden.

c) Hierbei ist aber noch Folgendes zu berücksichtigen. Bei Einstellung der Linie L ist das Auszugsrohr weit ausgezogen. Es muß aber bei der Einstellung auf den Streifen und die Scale wieder eingezogen werden, und nach dieser Einschiebung wird die Fernrohraxe im Allgemeinen auf einen anderen, wenig von L entfernten Punkt, dessen Entfernung Lk heißen möge, gerichtet seyn, und von diesem aus werden nun alle mit der Fernrohraxe zusammenfallenden Strahlen in das Fernrohr gelangen. Diese Correction Lk wird im Allgemeinen für jede Stellung des Fernrohrs eine andere seyn, kann aber, wie gezeigt werden soll, bestimmt und dann in Rechnung gebracht werden.

3.

Zur Aufstellung des Prismas stand mir ein nach dem Principe des Hrn. Professors Listing (s. Einleitung) von Hrn. Inspector Meyerstein ausgeführtes Instrument zu Gebote ¹⁾. Da Hr. Professor Listing eine Mittheilung über dieses Instrument in Aussicht gestellt hat, so wird es genügen, wenn ich die mir wesentlichen Theile desselben hier in aller Kürze bespreche.

Eine gußeiserne senkrechte Hülse ruht mittelst dreier Füße mit Stellschrauben auf einem Stative. Eine senkrechte stählerne Axe, unten in eine Spitze auslaufend, ist in ihr drehbar und trägt eine grössere runde Messingplatte P als Tisch. Von der Hülse geht ein Arm aus und trägt eine Mikrometerschraube M , verbunden mit einer Stellschraube S , letztere zum Festhalten des Messingtisches P , erstere zur Bewirkung feiner Drehungen desselben.

In der oben erwähnten Axe ist wieder eine kleinere senkrechte stählerne Axe drehbar, welche eine kleinere Messingplatte p als Tisch trägt. Diese kann festgehalten

1) Beschrieben in diesen Ann Bd. 98, S. 91 u. ff.

werden durch eine Stellschraube s und zu feinen Drehungen veranlaßt werden durch eine Mikrometerschraube M , diese letzteren in Verbindung mit dem Messingtische P .

Diese Einrichtung gestattet ersichtlich eine Drehung von p , unabhängig von P , während jede Drehung P offenbar eine entsprechende Drehung von p nach sich zieht. Leider war der bei meiner Methode vorliegenden Forderung des Coincidirens beider Drehungsaxen nicht mit aller Schärfe entsprochen; es waren auch keine Vorrichtungen zu etwaigen dahinzielenden Correctionen angebracht.

Der Messingtisch p trägt eine geschwärzte Messingscheibe q auf drei durch letztere hindurch gehenden Schrauben (1), (2), (3) und diese dient zur Aufstellung des Prismas. Auf der Scheibe q befindet sich eine niedrige geschwärzte Messingleiste, deren eine Seite einen Durchmesser der Scheibe bildet und einer Fläche des Prismas einen Anhalt gewähren kann. In der Richtung dieses Durchmessers befindet sich die Drehungsaxe der Schraube (1) in der Nähe der Peripherie; die anderen Schrauben, (2) und (3), bilden mit dieser ein gleichseitiges, der Drehungsaxe des Instruments concentrisches Dreieck.

Ein von der gusseisernen Hülse ausgehender Arm trägt ein horizontales mit Illuminatoreinrichtung versehenes Fernrohr (Fernrohr III), welches in der Höhe des auf dem Tischen q befindlichen Prismas auf die Drehungsaxe eingestellt und in Bezug auf die Horizontalität seiner Axe corrigirt werden kann, indem es auf einem stählernen mit zwei Zug- und einem Druckschraubchen versehenen Bügel ruht. Sein Fadenkreuz besteht aus einem horizontalen und zwei wenig von einander entfernten verticalen Fäden.

Das zum Messen der Austrittswinkel verwandte Fernrohr I ist ein bei den erdmagnetischen Termin-Beobachtungen gebräuchliches, mit horizontaler und verticaler Drehungsaxe. Anstatt des Kreuzungspunktes seines einfachen Fadenkreuzes benutzte ich zum Einstellen und Ablesen ein seitwärts auf dem Horizontalfaden befindliches, einen zarten Höcker bildendes Stäubchen. In der Verlängerung der

horizontalen Drehungsaxe des Fernrohrs war auf jeder Seite desselben senkrecht gegen die optische Axe eine Scale von 0,5 Meter Länge, in Millimeter getheilt, angebracht.

In Bezug auf dieses Fernrohr machte ich folgende Constanten-Bestimmungen:

a) Aus directen Beobachtungen wurde eine Tabelle berechnet, welche einerseits die Entfernungen gesehener Gegenstände von der Scale, andererseits die zu deren deutlichem Sehen nöthige Ausziehung des Ocular-Auszugrohres enthält, und zwar betrug die größte Entfernung der zu sehenden Gegenstände das Doppelte der größten erforderlichen Entfernung des Fernrohrs I vom Prisma.

b) Für jede erforderliche Stellung des Fernrohrs I wurde die Correction Δk (siehe Artikel 2 sub c) bestimmt. Dieses steht in directem Verhältniß zu der Horizontalprojection α des Winkels, um welchen die Richtung der optischen Axe des Fernrohrs verändert wird, wenn man einerseits auf die Entfernung der Drehungsaxe des Instruments, andererseits durch Verschiebung des Auszugrohres auf deutliches Sehen des Scalensbildes einrichtet, welches in einem die Drehungsaxe des Instruments enthaltenden Spiegel erscheint. Dieser Winkel α ist nämlich, in Theilen des Halbmessers ausgedrückt,

$$= \frac{\Delta k}{r},$$

wenn r die Entfernung des Fernrohrs von der Drehungsaxe, und seine Bestimmung wurde gewonnen, indem ich einerseits durch Ablesungen an einem, die Drehungsaxe des Instruments enthaltenden, senkrecht gegen die Fernrohraxe gerichteten Millimeterstabe den Stand der Fernrohraxe in der gewöhnlichen, dann aber in einer durch Umlegung des Fernrohrs in seinen Lagern um 180° gedrehten Lage erhielt, andererseits aber dieselben Ablesungen bei Einrichtung des Auszugrohres auf das gespiegelte Scalensbild machte. Die Differenzen dieser Ablesungen seyen a und b für die erste und zweite Beobachtung. Es wurde dabei der unverrückte Stand der Axenlager controlirt, indem das Fernrohr

in seine ursprüngliche Lage durch abermaliges Umlegen in seinen Axenlagern zurückgeführt wurde, wo sich dann die ursprüngliche Ablesung wieder ergeben mußte.

Diesen Beobachtungen wurde für jeden Stand des Fernrohrs I der Winkel α

$$= \frac{1}{2r} \left(\frac{b}{2} - a \right)$$

oder auch direct die horizontale Verrückung Δk

$$= \frac{r}{2} \left(\frac{b}{2} - a \right)$$

des Punktes entnommen, auf welchen die Fernrohraxe vor und nach Einschlebung des Auszugrohres, behufs deutlichen Sehens der Drehungsaxe des Instruments und der dort gespiegelten Scale, gerichtet ist; und zwar ist Δk hier positiv oder negativ, je nachdem es der Kante des Prismas ab- oder zugewendet ist, wenn das letztere in der später erörterten Weise aufgestellt. Die in Rede stehende Gröfse ist für alle Stellungen des Fernrohrs I zu bestimmen, mögen sich diese auf das Normal- oder das zu untersuchende Prisma beziehen; in letzterem Falle soll dieselbe aber mit ΔK anstatt mit Δk bezeichnet werden.

Da über das Fernrohr II nichts Besonderes zu bemerken ist, so wende ich mich zur Beschreibung der Aufstellung des Instruments und der Fernröhre.

4.

Die Versuche wurden im physikalischen Institute zu Göttingen, im Saale des Hrn. Prof. Listing ausgeführt.

Ein Heliostat beleuchtet dort einen im Fensterladen angebrachten Spalt von veränderlicher Oeffnung, welcher durch Visiren nach einer Mire in verticale Stellung gebracht wird. In beiläufig 0,9 Meter Entfernung von diesem ist das Instrument so aufgestellt, dafs das Prisma die Höhe des Spaltes über dem Fußboden erhält und sein Stativ auf einer in den Fußboden eingelassenen Steinplatte ruht. Das Fernrohr I wurde in gleicher Höhe auf das Prisma gerichtet und in 4 bis 5 Meter Entfernung von demselben so aufgestellt, dafs seine Neigung gegen den einfal-

lenden Strahl ungefähr 30° betrug. Ihm konnte indess keine feste Stellung auf einer Steinplatte angewiesen werden, so daß die durch den ab- und zutretenden Beobachter veranlaßten Schwankungen des Fußbodens, nicht ohne Einfluß auf seine Axe blieben. So wurde auch in dieser Beziehung die Aufstellung des Fernrohres II nothwendig, um die verschiedenen Stellungen der Axe des Fernrohres I auf einander zu reduciren. Bei dieser Einrichtung war dann nur zu fordern, daß der Beobachter für die Dauer der Einstellung eines Streifens und der Ablesung des ihm entsprechenden Scalenstandes Platz und Stellung nicht wechsele, um der unveränderten Richtung der Axe, welche außerdem durch Prüfung der Einstellung des Streifens nach gemachter Ablesung, bei unverändertem Stande des Beobachters, zu controliren ist, versichert zu seyn.

Dagegen konnte das Fernrohr II den für dasselbe zu fordernden festen Stand, mit seinem Stative auf einer Steinplatte, in beiläufig 4 Meter Entfernung vom Instrumente finden. Seine horizontale Scale von 1 Meter Länge wurde beobachtet in einem kleinen Spiegel, auf dem Messingtische *P* aufgestellt, dessen Drehungen hier also gemessen werden konnten.

5.

Das Prisma, in Bezug auf welches wir eine geeignete Stellung für das Fernrohr I aufzusuchen haben, soll um eine verticale Axe drehbar und mit senkrechten brechenden Flächen vorausgesetzt werden. Wie diese Aufstellung zu effectuiren, ist im Art. 6 erörtert. Das Fernrohr I wird beiläufig auf das Prisma gerichtet und seine Scalen in Bezug auf ihre Horizontalität corrigirt. Es muß außerdem schon so orientirt seyn, daß die zu messenden Austrittswinkel, welche natürlich positiv und negativ seyn können, und im Sinne der täglichen scheinbaren Bewegung des Himmelsgewölbes als wachsend angenommen werden sollen, weder zu groß, noch zu klein werden; die erstere Beschränkung ist durch die Kürze der Scalen, die letztere durch das zwischen beiden Scalen liegende Fernrohr geboten.

Das Prisma wird nun gedreht, bis der austretende Strahl in das Fernrohr fällt, der in Rede stehende Streifen des Spectrums wird durch Verschiebung des Ocular-Auszuges zu größter Deutlichkeit gebracht, und die, diesem Auszuge entsprechende Entfernung a des Streifens, der erwähnten Tabelle (Art. 3, sub a) entnommen. Im Falle, daß die gespiegelte Scale noch nicht deutlich zu sehen ist, wird das Prisma bei abgesperrtem Sonnenstrahl auf diese eingerichtet, und die, dem erforderlichen Auszuge entsprechende Entfernung b des Scalenbildes auch aus der Tabelle abgelesen. Bezeichnet k die Entfernung des Streifens hinter der, dem Fernrohre zugekehrten Prismenfläche und r die Entfernung der letzteren von der Scala, so haben wir

$$a = r + k$$

$$b = 2r$$

Die Entfernung des Fernrohrs von der Drehungsaxe des Prismas erhalte nun einen Zuwachs Δr , seine optische Axe bleibe aber dieselbe, d. h. der vom Streifen entsendete Strahl falle wieder mit dieser zusammen: dann wird, da die Stellung des Prismas und des einfallenden Strahles, also auch k , unverändert geblieben,

$$a + \Delta a = r + \Delta r + k$$

$$b + \Delta b = 2r + 2\Delta r$$

Soll nun die Verrückung des Fernrohres um Δr das gleich deutliche Sehen von Streifen- und Scalen-Bild bewirken, so ist Δr so zu wählen, daß

$$a + \Delta a = b + \Delta b,$$

oder es muß

$$\Delta r = k - r = a - b$$

genommen werden.

Da hier Δr durch Messung der verhältnißmäfsig kleinen Auszugsdifferenzen gewonnen, so wird die erhaltene Bestimmung des Fernrohrstandes noch kleiner Correctionen bedürfen, welche indessen immer auf dem Stative des Fernrohrs durch Probiren ausführbar bleiben. Die so gewonnenen Stellungen konnten auf Fußboden und Stativ mar-

kirt, und nach Entfernung des Fernrohrs mit hinreichender Genauigkeit wieder aufgefunden werden.

Obgleich im Allgemeinen für jeden Streifen des Spectrums eine besondere Einrichtung und somit eine besondere Stellung des Fernrohrs zu fordern wäre, so werden doch in den meisten Fällen, wenn das Fernrohr auf einen der mittleren Streifen, z. B. *E*, eingerichtet ist, die anderen auch die zum Einstellen nöthige Deutlichkeit besitzen und es wird demnach meistens genügen, eine für das Fernrohr passende Stellung nur in Bezug auf einen der mittleren Streifen aufzusuchen.

6.

Es sollen in diesem Artikel alle Operationen und Messungen angegeben werden, welche den Verlauf zweier vollständigen, zusammengehörigen Beobachtungsreihen ausmachen.

Mit einer auf der Messingplatte *p* aufgesetzten Röhrenlibelle werden die, nahezu zusammenfallenden Drehungsaxen des Instruments sorgfältig nivellirt, durch Correctionen an den Stellschrauben der Füße der gusseisernen Hülse. Auf der Messingplatte *p*, welche bis jetzt den Teller *q* mit seinen Schrauben noch nicht trägt, wird ein Collimator aufgestellt und durch ihn die, beiläufig auf die Drehungsaxe des Instruments eingestellte, optische Axe des Fernrohrs III genau rechtwinklig gegen die Drehungsaxe und somit genau horizontal corrigirt.

Der Teller *q* und das Normalprisma werden aufgesetzt, das letztere unter Berücksichtigung folgender Umstände: Die eine seiner Flächen wird gegen die diametrale Seite der auf *q* befindlichen Leiste gelehnt und dabei die Oeffnung seines brechenden Winkels der Schraube (I) des Tellers *q* zugewandt, während seine Kante mit der Verlängerung der Drehungsaxe des Instruments möglichst in Coincidenz gebracht wird. Die an die Leiste lehrende Fläche (welche der Kürze halber II, die andere brechende Fläche dagegen I genannt werden soll) wird zuerst vor das Illuminator-Fernrohr, d. h. senkrecht vor dessen Axe geführt und die Horizontalfäden des wirklichen und des von der Pris-

menfläche II gespiegelten Fadenkreuzes dieses Fernrohres werden mittelst der Schrauben (2) und (3) des Tellers q zur Deckung gebracht; diese Fläche II steht somit vertical. Die Fläche I wird dann vor das Illuminator-Fernrohr geführt und mit alleiniger Hülfe der Schraube (1) in derselben Weise senkrecht gestellt. Da die Drehungsaxe der Schraube (1) theoretisch in der Fläche II des Prismas liegt, so ist theoretisch durch deren Drehung in der senkrechten Stellung dieser Fläche nichts geändert und beide Flächen sind vertical. Es bewirkt jedoch in praxi erst eine Reihe von Correctionen an den Schrauben (1), (2), (3) die geforderte gleichzeitige senkrechte Stellung der beiden brechenden Flächen. Die hier beschriebene Correction der Prismenflächen ist von außerordentlicher Schärfe, braucht jedoch für diese, noch nicht definitive Stellung des Prismas nicht mit aller Sorgfalt ausgeführt zu werden.

Das in erforderlicher Stellung befindliche Fernrohr I wird nun in Bezug auf Horizontalität seiner Scalentheilungen corrigirt; auch seine optische Axe wird in horizontale Lage gebracht durch Einstellung der in gleicher Höhe befindlichen und von der senkrechten Prismenfläche gespiegelten Scalentheile. Das Fernrohr I um seine verticale Axe drehend, wird die optische Axe desselben auf die Prismenkante eingerichtet und eingestellt. Eine Drehung des Prismas mit dem Teller p lehrt dann, ob seine Kante schon mit der Drehungsaxe des Instrumentes zusammenfalle, oder ob es nöthig, das Prisma um ein Geringes längs der Leiste zu verschieben, die Axe des Fernrohrs von Neuem darauf einzustellen, und diese Operationen versuchsweise mehrfach zu wiederholen, um endlich der richtigen Einstellung der Fernrohraxe auf die Drehungsaxe des Instruments versichert seyn zu können.

Das Prisma wird auf dem Teller q längs der diametralen Leiste ein wenig verschoben, und zwar seine Entfernung von der Schraube (1) vergrößernd, so daß nun die Drehungsaxe in der Fläche II enthalten, von der Kante aber nur um sehr wenige Millimeter entfernt ist. Diese Entfer-

nung ist zu messen und soll mit k bezeichnet werden. In dieser Stellung wird das Prisma wieder in Bezug auf die senkrechte Stellung seiner brechenden Flächen, jetzt aber definitiv und mit höchster Sorgfalt corrigirt.

Durch Drehung des Tellers P wird der, auf demselben befestigte Spiegel vor dem Fernrohre II so orientirt, daß eine, in Bezug auf die zweite Messungsreihe erforderliche Drehung von P möglich, ohne die Scale aus dem Gesichtsfelde zu verlieren. Unter Beibehaltung dieser Stellung für P wird der Teller p gedreht, bis der, durch das Prisma gebrochene Lichtstrahl in das Fernrohr fällt, in welcher Stellung dann die Schrauben S und s fest angezogen werden.

Das wieder auf deutliches Sehen der Streifen und der Scale, durch sehr vorsichtiges Einschieben eingerichtete Fernrohr wird wieder in Bezug auf Horizontalität seiner optischen Axe durch Einstellung der Scalenmitte controlirt. Ein Gehülfe bewegt die Mikrometerschraube M nach Angabe des am Fernrohre befindlichen Beobachters, bis der in Rede stehende Streifen eingestellt ist. Der eintretende Lichtstrahl wird durch einen schwarzen Schirm abgesperrt und bei verdunkeltem Prisma und durch Sonnenlicht erleuchteter Scale die Ablesung gemacht, ohne daß der Beobachter Platz und Stellung verändert. Dann erfolgt die Ablesung am Fernrohr II. So fährt man fort, bis in Bezug auf sämtliche in Frage stehenden Streifen die Messungen gemacht sind.

Die Schraube S wird gelöst, und nachdem man die unverändert gebliebene senkrechte Stellung der Prismenflächen durch das Fernrohr III geprüft, wird eine der beiden Flächen, z. B. die Fläche I vor dasselbe geführt und bei wieder angezogener Schraube S , durch Bewegung der Mikrometerschraube M so eingestellt, daß zwei entgegengesetzte Fäden des direct gesehenen und des gespiegelten verticalen Fadenpaares sich decken und man also nur drei gleichentfernte verticale Fäden im Gesichtsfelde erblickt. Bei unverändert fester Schraube S , also ohne Verrückung der Scheibe P , wird die Schraube s gelöst und die Kante des Prismas wieder in Coincidenz mit der Drehungsaxe gebracht, auf

deren Entfernung das Fernrohr I mit größter Vorsicht wieder eingerichtet wird. Der unveränderte Stand dieses Fernrohrs wird geprüft durch die unveränderte Richtung seiner Axe auf die Drehungsaxe des Instruments.

Das Fernrohr I mit Stativ wird jetzt in die zur zweiten Messungsreihe erforderliche Stellung gebracht und nach selbstverständlicher Correction seiner horizontalen Scalentheilungen auf die, noch durch die Prismenkante repräsentirte Drehungsaxe des Instruments gerichtet und eingestellt. Ist dieß geschehen, so wird das Normalprisma entfernt und das zu untersuchende Prisma aufgestellt. Die brechenden Flächen desselben werden in der früheren Weise durch das Fernrohr III vertical corrigirt, auch der Abstand K der Prismenkante von der Drehungsaxe gemessen, bei welchen Operationen aber die Schraube S fest angezogen bleibt und alle erforderlichen Drehungen nur mit dem Tische p ausgeführt werden. Endlich wird die Fläche I (event. die Fläche II) vor das Fernrohr III geführt und bei fest angezogener Schraube s durch Drehung der Mikrometerschraube m ihr Bild des verticalen Fadenpaares in der frühern Weise neben dem direct gesehenen verticalen Fadenpaare eingestellt. Man kann so versichert seyn, daß die Fläche I (event. die Fläche II) dieses Prismas in Bezug auf den Tisch P ganz dieselbe Stellung einnimmt, wie früher die Fläche I (event. die Fläche II) des Normalprismas.

Die Schraube s bleibt angezogen, die Schraube S wird gelöst und durch Drehung um die Axe des Tisches P wird das Prisma in die zur zweiten Messungsreihe erforderliche Stellung geführt, wo dann der austretende Strahl das Fernrohr trifft, und in der Weise der ersten Messung die Einstellungen der Streifen des Spectrums und die entsprechenden Ablesungen ausgeführt werden. Nach deren Vollendung kann man

- die unverändert senkrechte Einstellung der Prismenflächen, die Einstellung der Fernrohraxe auf die Drehungsaxe, die normale Einstellung der Axe des Fernrohrs III gegen die Axe des Instruments,

die unverändert senkrechte Stellung der Axen des Instruments einer Controle unterwerfen.

Es ist außerdem, für jeden Stand des Fernrohrs I, die Entfernung seiner Scale von der spiegelnden Prismenfläche, dann auch die Entfernung der Scale des Fernrohrs II von der zugehörigen Spiegelfläche, und endlich die Entfernung der Drehungsaxe des Instrumentes vom Spalte zu messen.

7.

Die Messung des Winkelunterschiedes des zu untersuchenden und des Normal-Prismas gründet sich auf das Princip, bei senkrechter Stellung der Prismen nach einander zwei entsprechende brechende Flächen derselben zu fixiren und jedesmal den Winkel der Normale der anderen brechenden Fläche gegen die Axe eines festen Fernrohres an der Scale des letzteren abzulesen, bei welchem Verfahren jedoch der Winkelunterschied der Prismen nicht zu beträchtlich seyn darf.

Die im Anfange des vorigen Artikels besprochenen Correctionen des Instrumentes und des Prismas werden auch hier ausgeführt, und eine der verticalen Flächen (z. B. die Fläche I) des Normalprismas, dessen brechende Kante jedoch von der Coincidenz mit der Drehungsaxe unabhängig, wird in der ebendasselbst erörterten Weise in eine feste Stellung gegen die Axe des Illuminatorfernrohres gebracht. An einem mit Scale versehenen Fernrohre, für welches nur die Forderung eines festen Standes und einer horizontalen Scale vorliegt, wird die Horizontalprojection des doppelten Winkels seiner Axe gegen die Normale der Prismenfläche II abgelesen. Bezeichnet ω den Winkel des Normal-, Ω den des zu untersuchenden Prismas, ferner 2δ in Bezug auf das Normalprisma, $2A$ in Bezug auf das zweite Prisma die auf Winkel reducirte Scalenableung, beide im Sinne der täglichen scheinbaren Bewegung des Himmelsgewölbes angenommen, so wird

$$\Omega - \omega = A - \delta.$$

Der in dieser Weise wiederholt gemessene Winkel-

unterschied der von mir benutzten Prismen ergab sich im Mittel als

$$\Omega - \omega = -2^{\circ} 17' 43'', 2.$$

Hrn. Prof. Listing's gütiger Mittheilung verdanke ich den Winkel des Normalprismas

$$\omega = 35^{\circ} 55' 4''$$

und so ergibt sich als Winkel des zu untersuchenden Prismas

$$\Omega = 33^{\circ} 37' 20'', 8.$$

8.

Es möge hier eine Zusammenstellung der den Messungen entnommenen Größen, auf welche die Berechnung fußen soll, Platz finden. Diese sind:

- ψ , der, in Bezug auf das Normalprisma, unter Einstellung eines Streifens mit bekanntem Index n aus der Scalenablesung reducirte Austrittswinkel;
- Ψ , der entsprechende Winkel in Bezug auf das zu untersuchende Prisma gemessen, unter Einstellung eines Streifens, dessen Index N zu berechnen;
- δ , der aus den Scalenablesungen des Fernrohrs II reducirte Winkel, um welche der Tisch P aus der einen Stellung in die andere gedreht;
- h , die Entfernung der Drehungsaxe des Instruments vom Spalte;
- k , K , Δk und ΔK , die in Folge der Modificationen des allgemeinen Principis erforderlichen und in angegebener Weise gemessenen Größen;
- ω , und Ω , die Winkel des Normal- und des zu untersuchenden Prismas.

Unter Voraussetzung desselben einfallenden Strahles bei beiden Messungen werde zunächst ein Näherungswerth für N berechnet. Der austretende Lichtstrahl ist, mit der Fernrohraxe I zusammenfallend, horizontal; da dasselbe auch von den Normalen der brechenden Prismenflächen gilt, so erfolgt die ganze Bewegung des Lichtstrahles in einer Horizontalebene, und der dieser Ebene entsprechende Schnitt des Prismas hat mit dem letzteren gleichen Winkel.

φ und Φ mögen die Winkel des einfallenden Strahles mit der nach aufsen gerichteten Normale der Prismenfläche I bei der ersten und zweiten Messung bezeichnen; ebenso φ_1 und Φ_1 , und andererseits ψ_1 und Ψ_1 , die Winkel, welche der in den Prismen verlaufende Strahl mit den entsprechenden, dem Innern des Prismas zugewendeten Normalen der ersten und zweiten Prismenfläche macht. Dann ergibt die Betrachtung der successiven Brechungen die Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} \sin \psi_1 &= \frac{1}{n} \sin \varphi \\ \varphi_1 &= \omega + \psi_1 \\ \sin \varphi &= n \sin \varphi_1 \end{aligned} \right\} (1)$$

und

$$\left. \begin{aligned} \sin \Psi_1 &= \frac{1}{N} \sin \varphi \\ \Phi_1 &= \Omega + \Psi_1 \\ \sin \Phi &= N \sin \Phi_1 \end{aligned} \right\} (2)$$

und aus diesen Gleichungen folgt:

$$\sin \varphi = \sin \psi \cos \omega + \sin \omega \sqrt{n^2 - \sin^2 \psi} \quad (3)$$

$$\sin \Phi = \sin \Psi \cos \Omega + \sin \Omega \sqrt{N^2 - \sin^2 \Psi} \quad (4)$$

Wir unterscheiden folgende Fälle:

- a) In Bezug auf den Messingteller P nimmt die Fläche I bei beiden Messungen dieselbe Stellung ein. Dann ist

$$\Phi = \varphi - \delta \quad (5)$$

und die Substitution dieses Werthes in die aus (4) gefolgerte Gleichung

$$N^2 \sin^2 \Omega = \sin^2 \Phi + \sin^2 \Psi - 2 \sin \Phi \sin \Psi \cos \Omega \quad (6)$$

$$\text{ergibt}$$

$$N^2 \sin^2 \Omega = \sin^2 (\varphi - \delta) + \sin^2 \Psi - 2 \sin (\varphi - \delta) \sin \Psi \cos \Omega \quad (7)$$

Die Berechnung dieses Werthes von N auf logarithmisch-trigonometrischen Wege kann geschehen durch Einführung von t und u , wenn diese Gröfsen aus den Gleichungen

$$\operatorname{tg} t = \frac{\sin \Psi}{(\sin \varphi - \delta)} \text{ und } \sin^2 u = \cos \Omega \sin 2t$$

bestimmt werden, so dafs dann

$$N^2 = \frac{\sin^2 (\varphi - \delta) \cos^2 u}{\sin^2 \Omega \cos^2 t}$$

oder.

$$N = \pm \frac{\sin(\varphi - \delta) \cos u}{\sin \Omega \cos t}$$

wird. Für N ist natürlich der absolute Werth dieses Ausdrucks zu nehmen.

b) In Bezug auf die Messingplatte P nehme die Fläche II bei beiden Messungen dieselbe Stellung ein. Dann ist

$$\Phi = \varphi - \delta + \Omega - \omega$$

und bei Substitution dieses Werthes in die Gleichung (6) ergibt sich

$$N^2 \sin^2 \Omega = \sin^2(\varphi - \delta + \Omega - \omega) + \sin^2 \Psi - 2 \sin(\varphi - \delta + \Omega - \omega) \sin \Psi \cos \Omega.$$

Auch hier läßt sich durch Setzung von

$$\operatorname{tg} t = \frac{\sin \Psi}{\sin(\varphi - \delta + \Omega - \omega)} \text{ und } \sin^2 u = \cos \Omega \sin 2t,$$

welche Gleichungen

$$N = \pm \frac{\sin(\varphi - \delta + \Omega - \omega) \cos u}{\sin \Omega \cos t}$$

zur Folge haben, die Berechnung von N auf logarithmisch-trigonometrischem Wege bewerkstelligen. Für beide Fälle aber kann φ durch den Verfolg der Gleichung (1) logarithmisch-trigonometrisch berechnet werden.

9.

Den so gewonnenen Näherungswerth von N wollen wir mit N^0 bezeichnen und, seine Correction vorbereitend, die Winkel berechnen, welche in Folge der Modificationen des allgemeinen Messungsprincips der bei jeder Messung eintretende Strahl mit einer festen Linie, also z. B. mit der Verbindungslinie des Spaltes und der Drehungsaxe des Instruments, macht. Diese Winkel nennen wir Θ und ϑ . Bezeichnen dagegen A und a die Winkel des einfallenden Strahles mit einer Geraden, welche durch den Spalt und Punkt geht, in welchem der Strahl das Prisma verläßt; ferner B und b die Winkel, welche diese Linie mit der festen, durch den Spalt und die Drehungsaxe des Instruments gehenden Geraden macht, so haben wir

$$\Theta = A - B$$

$$\vartheta = a - b.$$

Für die Länge x des im Normalprisma verlaufenden Strahles finden wir durch Betrachtung der Dreiecke, welche derselbe einerseits mit der Kante, andererseits mit dem Spalte macht, den Doppelwerth

$$x = \frac{(k + \Delta k) \sin w}{\cos \varphi_1} = \frac{h \sin a}{\sin(\varphi - \varphi_1)}$$

und aus dieser Doppelgleichung ergibt sich

$$\sin a = \frac{k + \Delta k}{h} \sin w \frac{\sin(\varphi - \varphi_1)}{\cos \varphi_1}.$$

Dagegen haben wir durch Betrachtung des Dreieckes, welches Δk mit dem Spalte bildet, die Gleichung

$$h \sin b = \Delta k \cos(\varphi - \omega - a + b)$$

und diese ergibt

$$\operatorname{tg} b = \frac{\Delta k \cos(\varphi - \omega - a)}{h + \Delta k \sin(\varphi - \omega - a)};$$

k und Δk sind im Falle wirklicher Messungen klein gegen h , und wenn wir uns in dieser Beziehung Vernachlässigungen gestatten, haben wir mit hinreichender Genauigkeit:

$$\operatorname{tg} b = \frac{\Delta k}{h} \cos(\varphi - \omega).$$

Bei der Kleinheit von a , b und ϑ können wir auch \sin , tg und arc dieser Winkel verwechseln, so daß

$$\vartheta = \frac{k + \Delta k}{h} \sin w \frac{\sin(\varphi - \varphi_1)}{\cos \varphi_1} - \frac{\Delta k}{h} \cos(\varphi - \omega)$$

Analog wird bei der zweiten Messung in Bezug auf das zu untersuchende Prisma:

$$\Theta = \frac{K + \Delta K}{h} \sin \Omega \frac{\sin(\Phi - \Phi_1)}{\cos \Phi_1} - \frac{\Delta K}{h} \cos(\Phi - \Omega)$$

Bei der Kleinheit von Θ wird es auch genügen, wenn in letztere Gleichung für Φ und Φ_1 Näherungswerthe Φ^0 und Φ_1^0 eingesetzt werden, welche mit Hülfe von N^0 aus Ψ zu berechnen sind.

10.

Je nach dem schon früher (Art. 8) unterschiedenen ersten oder zweiten Falle erhalten wir

$$\Phi = \varphi + (\Theta - \vartheta) - \delta$$

oder

$$\Phi = \varphi + (\Theta - \vartheta) + (\Omega - \omega) - \delta$$

und somit den Werth von Φ durch bekannte Größen ausgedrückt.

Verfolgen wir die successiven Brechungen im zu untersuchenden Prisma unter Zugrundelegung des Werthes N^0 für N , so ergibt sich, wenn wir noch den entsprechenden Näherungswerth von Ψ , mit Ψ^0 bezeichnen,

$$\begin{aligned}\sin \Psi^0 &= \frac{1}{N^0} \sin \Psi \\ \Phi^0 &= \Omega + \Psi^0 \\ \sin \Phi^0 &= N^0 \sin \Phi^0.\end{aligned}$$

So wie nun einerseits die hier gefundenen Werthe Φ^0 und Ψ^0 zur Berechnung von Θ dienen können, so wird andererseits aus $\Phi^0 - \Phi = \Delta \Phi$ die Correction ΔN für N^0 , welche

$$N = N^0 + \Delta N$$

ergeben soll, zu berechnen seyn. Durch Differentiation der Gleichung (6) nach Φ ergibt sich

$$\frac{dN}{d\Phi} = \frac{\sin \Phi - \sin \Psi \cos \Omega}{N \sin^2 \Omega} \cos \Phi$$

oder auch

$$\frac{dN}{d\Phi} = \frac{\sin \Phi - \sin \Psi \cos \Omega}{\sin^2 \Omega} \cos \Phi$$

und wegen

$$\Phi = \Omega + \Psi,$$

auch

$$\frac{dN}{d\Phi} = \frac{\cos \Psi \cos \Phi}{\sin \Omega}.$$

Nach dem Maclaurin'schen Lehrsatz haben wir dann, mit Vernachlässigung der in $\Delta \Phi^2$ multiplicirten Glieder,

$$\Delta N = \frac{\cos \Psi^0 \cos \Phi^0}{\sin \Omega} \Delta \Phi$$

und endlich

$$N = N^0 + \frac{\cos \Psi^0 \cos \Phi^0}{\sin \Omega} (\Phi - \Phi^0).$$

Von speciellen Fällen mögen die folgenden hier Platz finden.

a) In Bezug auf ein und dasselbe Prisma sey der Index N_x für einen Streifen X gegeben, dagegen für einen andern Streifen, Y , der Index N_y zu bestimmen. Es können

hier offenbar die beiden anderen Stellungen des Fernrohres I als zusammenfallend betrachtet werden und wenn wir die den Streifen X und Y zugehörigen Werthe durch Hinzufügung eines x oder y unterscheiden, so ergibt die Specialisirung des allgemeinen Falles unter Voraussetzung eines Ny^0

$$\Phi y = \Phi x + (\Theta y^0 - \Theta x) - \delta$$

und

$$Ny = Ny^0 + \frac{\cos \Psi_i^0 y \cos \Phi^0 y}{\sin \Omega} (\Phi y - \Phi^0 y)$$

b) die Brechungsindices $N^0 x$ und $N^0 y$ seyen gegeben, sie sollen aber einer Correction unterworfen werden. Entsprechen diesen $N^0 x$ und $N^0 y$ die Werthe $\Phi^0 x$ und $\Phi^0 y$ dagegen den fraglichen Nx und Ny die Werthe $\Phi x = \Phi^0 x + \Delta \Phi x$ und $\Phi y = \Phi^0 y + \Delta \Phi y$, so haben wir

$$\Phi^0 y + \Delta \Phi y = \Phi^0 x + \Delta \Phi x + \Theta^0 y - \Theta^0 x - \delta$$

oder

$$\Delta \Phi y - \Delta \Phi x = \Phi^0 x - \Phi^0 y + \Theta^0 y - \Theta^0 x - \delta$$

in welcher Gleichung die auf der rechten Seite befindlichen Größen bekannt, andererseits aber

$$\Delta \Phi y = \frac{\sin \Omega}{\cos \Phi^0 y \cos \Psi_i^0 y} (Ny - N^0 y)$$

und

$$\Delta \Phi x = \frac{\sin \Omega}{\cos \Phi^0 x \cos \Psi_i^0 x} (Nx - N^0 x)$$

ist. Die Methode der kleinsten Quadrate verlangt außerdem, daß

$$(Ny - N^0 y)^2 + (Nx - N^0 x)^2$$

ein Minimum werde, und so ergibt sich

$$Nx = N^0 x + \frac{(\Phi^0 y - \Phi^0 x - \Theta^0 y + \Theta^0 x + \delta)}{\frac{\cos \Psi_i^0 x \cos \Phi^0 x}{\cos \Psi_i^0 y \cos \Phi^0 y} + \frac{\cos \Psi_i^0 y \cos \Phi^0 y}{\cos \Psi_i^0 x \cos \Phi^0 x}} \cdot \frac{\cos \Psi_i^0 y \cos \Phi^0 y}{\sin \Omega}$$

und

$$Ny = N^0 y + \frac{(\Phi^0 x - \Phi^0 y - \Theta^0 x + \Theta^0 y - \delta)}{\frac{\cos \Psi_i^0 y \cos \Phi^0 y}{\cos \Psi_i^0 x \cos \Phi^0 x} + \frac{\cos \Psi_i^0 x \cos \Phi^0 x}{\cos \Psi_i^0 y \cos \Phi^0 y}} \cdot \frac{\cos \Psi_i^0 x \cos \Phi^0 x}{\sin \Omega}$$

Den Formeln dieser speciellen Fälle, unter Voraussetzung der Fixirung der Fläche I geltend, entsprechen ähnliche bei Fixirung der anderen Prismenfläche.

11.

Es sollen im Folgenden die Resultate von Messungen mitgetheilt werden, welche ich zu dem Zwecke unternahm, von der Genauigkeit der Methode eine Vorstellung zu erhalten.

Das zu untersuchende Prisma war ein Steinheil'sches, das Normalprisma ein älteres Münchener Prisma, und verdanke ich die Brechungsindices des letzteren der gütigen Mittheilung des Hrn. Prof. Listing. Die Werthe dieser Indices wurden jedoch, ehe sie in Rechnung gebracht, in der angegebenen Weise mit Hülfe dreier Messungsreihen untereinander corrigirt.

Das nachfolgende für den allgemeinen Fall ausgeführte Beispiel der Berechnung von N , gestützt auf wirkliche Messungen, möge von allen vorkommenden Größenverhältnissen eine Vorstellung geben.

1858. October 5.

Es war die Entfernung der Scale des Fernrohres I von der Drehungsaxe des Instrumentes in den beiden erforderlichen Stellungen jenes Fernrohres

$$r = 4802,1$$

und

$$R = 4472,1,$$

dagegen die Entfernung der Scale des Fernrohres II vom Spiegel

$$\varrho = 4481,9$$

und die erstere Scale war auf der optischen Axe ihres Fernrohres senkrecht, die letztere unter $88^{\circ} 45'$ dagegen geneigt. Der Brechungsindex für den Streifen B in Bezug auf das Normalprisma war

$$n = 1,624928$$

und sollte daraus der Brechungsindex N für den Streifen

B in Bezug auf das zu untersuchende Prisma bestimmt werden, für welches N der Näherungswerth

$$N^{\circ} = 1,590549$$

als schon bekannt vorausgesetzt wird. Es wurden dann, bei Fixirung der dem Spalte zugekehrten Prismenfläche I, folgende Messungsergebnisse erhalten:

$$\psi = -1^{\circ} 51' 10'',3 \quad \Psi = 3^{\circ} 35' 50'',9$$

$$\delta = -0^{\circ} 53' 56'',4$$

$$k = 8,45^{\text{mm}} \quad K = 4,0^{\text{mm}}$$

$$\Delta k = 0,45^{\text{mm}} \quad \Delta K = -0,5^{\text{mm}}$$

$$h = 920,8^{\text{mm}}$$

Die Winkel der Prismen sind schon früher mitgeteilt worden.

Der Verlauf der Rechnung ist der folgende:

$$\log \sin (-\psi) = 8,5096445$$

$$\log \sin \Psi = 8,7975894$$

$$\log n = 0,2108340$$

$$\log N^{\circ} = 0,2015744$$

$$\log \sin (-\psi) = 8,2988105$$

$$\log \sin \Psi_1^{\circ} = 8,5960150$$

$$\Psi_1 = -1^{\circ} 8' 24'',6$$

$$\Psi_1^{\circ} = 2^{\circ} 15' 38'',7$$

$$\varphi_1 = 34^{\circ} 46' 39'',4$$

$$\Phi_1^{\circ} = 35^{\circ} 52' 59'',5$$

$$\log \sin \varphi_1 = 9,7561739$$

$$\log \sin \Phi_1^{\circ} = 9,7679974$$

$$\log n = 0,2108340$$

$$\log N^{\circ} = 0,2015744$$

$$\log \sin \varphi = 9,9670079$$

$$\log \sin \Phi^{\circ} = 9,9695718$$

$$\varphi = 67^{\circ} 56' 54'',6$$

$$\Phi^{\circ} = 68^{\circ} 48' 6'',1$$

$$\log k + \Delta k = 0,94939$$

$$\log K + \Delta K = 0,54407$$

$$\log h = 2,96417$$

$$\log h = 2,96417$$

$$\log \sin \omega = 9,76836$$

$$\log \sin \Omega = 9,74329$$

$$\log \sin (\varphi_1 - \varphi) = 9,73805$$

$$\log \sin (\Phi^{\circ} - \Phi_1^{\circ}) = 8,73514$$

$$\log \cos \varphi = 9,91451$$

$$\log \cos \Phi_1^{\circ} = 9,90860$$

$$\log \sin a = 7,57712$$

$$\log \sin A^{\circ} = 7,14973$$

$$a = 12^{\circ} 59',0$$

$$A^{\circ} = 4^{\circ} 51',2$$

$$\log \Delta k = 9,65321$$

$$\log (-\Delta K) = 9,69897$$

$$\log \cos (\varphi - \omega) = 9,92834$$

$$\log \cos (\Phi^{\circ} - \Omega) = 9,91239$$

$$\log h = 2,96417$$

$$\log h = 2,96417$$

$$\log \sin b = 6,61738$$

$$\log \sin (-B^{\circ}) = 6,64719$$

$$b = 1^{\circ} 25'',6$$

$$B^{\circ} = 1^{\circ} 31'',6$$

$$\vartheta = 11^{\circ} 33',4$$

$$\Theta^{\circ} = 6^{\circ} 22'',8$$

$$\log \frac{\cos \Psi_1 \cos \Phi}{\sin \Omega} = 9,81566$$

Demnach wird

$$\Phi = \varphi + (\Theta - \vartheta) - \delta = 68^{\circ} 45' 40''.4$$

$$\Phi - \Phi^0 = -2' 25''.7$$

$$\log \sin (-(\Phi - \Phi^0)) = 6,84880$$

$$\log \frac{\cos \Psi_1^0 \cos \Phi^0}{\sin \Omega} = 9,81566$$

$$\log (-\Delta N) = 6,66446$$

$$\Delta N = -0,000462$$

$$N = 1,590087.$$

Es wurden verschiedene Messungsreihen in Bezug auf eine Anzahl Streifen für verschiedene Stellungscombinationen des Fernrohres I gemacht, wobei natürlich jeder Index des zu untersuchenden Prismas aus jedem Index des Normalprismas bestimmt werden konnte. Die in obiger Weise durchgeführten Rechnungen ergaben dann für die Indices, welche wir den Streifen

B, C, D, E, F

entsprechend, mit

N_s, N_c, N_D, N_E, N_F

bezeichnen können, die folgenden Werthreihen:

$$N_s = \begin{cases} 1,590182 \\ 1,590170 \\ 1,590187 \\ 1,590188 \\ 1,590211 \\ 1,590185 \\ 1,590259 \\ 1,590273 \end{cases} \quad N_c = \begin{cases} 1,591743 \\ 1,591839 \\ 1,591749 \\ 1,591731 \\ 1,591816 \\ 1,591813 \\ 1,591887 \\ 1,591901 \end{cases}$$

$$N_D = \left\{ \begin{array}{l} 1,596143 \\ 1,596149 \\ 1,596131 \\ 1,596080 \\ 1,596145 \\ 1,596194 \\ 1,596075 \\ 1,596116 \\ 1,596120 \\ 1,596088 \\ 1,596213 \\ 1,596190 \\ 1,596187 \\ 1,596261 \\ 1,596275 \\ 1,596203 \\ 1,596180 \\ 1,596177 \\ 1,596251 \\ 1,596265 \end{array} \right.$$

$$N_x = \left\{ \begin{array}{l} 1,601885 \\ 1,602014 \\ 1,601891 \\ 1,601873 \\ 1,601882 \\ 1,601947 \\ 1,601996 \\ 1,601918 \\ 1,601890 \\ 1,601922 \\ 1,601500 \\ 1,601566 \\ 1,601615 \\ 1,601496 \\ 1,601536 \\ 1,601540 \\ 1,601509 \\ 1,601966 \\ 1,601943 \\ 1,601940 \\ 1,602028 \end{array} \right.$$

$$N_r = \left\{ \begin{array}{l} 1,606902 \\ 1,606908 \\ 1,606890 \\ 1,606996 \\ 1,606973 \\ 1,606970 \\ 1,607044 \\ 1,607058 \\ 1,606602 \\ 1,606670 \\ 1,606674 \\ 1,606597 \\ 1,606640 \\ 1,606642 \\ 1,606610 \end{array} \right.$$

auf
atio-
ndex
Nor-
eise
ices,

Um von der Zuverlässigkeit der Methode in dem Specialfalle *a*) eine Vorstellung zu erhalten, wurde der Index N_D unter Anwendung mehrerer Messungsreihen aus den Indices N_B , N_C , N_E , N_F bestimmt, wobei für die letzteren die Mittel der eben aufgeführten Werthe zu Grunde gelegt, und so für N_D die folgenden Werthe erhalten wurden:

1,596123	1,596106
1,596101	1,596167
1,596119	1,596156
1,596167	1,596111
1,596149	1,596141
1,596164	1,594114

12.

Ich schliesse mit einigen Bemerkungen über diese Messungen.

I. Die hier in Rede stehenden Brechungscoefficienten sind selbstverständlich die relativen für Luft und die vorliegende Glasmasse.

II. In Bezug auf die Streifen *G* und *H* konnten, ungünstiger Sonnenverhältnisse wegen, nur einzelne Messungen gemacht werden, deren Mittheilungen hier, wo es auf Vergleichen ankam, ohne Werth gewesen wäre.

III. Da meine Messungen keinen absoluten Werth beanspruchen, so konnten Angaben über Temperatur und specifisches Gewicht der Prismen unterbleiben. Die Temperatur erlitt während der Zeit der Messungen, vom 4. bis 11. October, keine Schwankungen, deren Einfluss auf die Brechungsindices hätte in Betracht kommen können.

IV. Die bei weitem grössten Differenzen der Werthe der Indices in den zuerst mitgetheilten Messungsreihen rühren von den Correctionen Θ und ϑ her, wie sich aus dem Umstande ersehen lässt, dass unter sonst gleichen Verhältnissen eine um den möglichen Beobachtungsfehler von 0,05 Scalenthail veränderte Ablesung für ψ oder Ψ in dem Werthe von N nur eine Differenz von beiläufig 0,000010 zur Folge hat. Seine Bestätigung findet dieses auch in den

mitgetheilten Messungsreihen des speciellen Falles a), wo die Werthe des Index ungleich geringere Abweichungen zeigen, indem man hier so gut wie unabhängig von Θ und ϑ ist. Die Bestimmung der Werthe von Θ und ϑ litt aber unter zwei ungünstigen Umständen.

Erstens war die Messung von k und K unsicher, indem ein Millimeterstab, an dem die Ablesung der Entfernung der Prismenkante vom markirten Mittelpunkte des Tellers q zu machen war, nur in die Nähe gebracht, vorsichtshalber aber nicht angelegt werden konnte. Diesem Uebelstande kann an einem vollständig disponibeln Instrumente durch Anbringung einer Millimetertheilung auf der diametralen Leiste des Tellers q begegnet werden. An dieser könnte dann bei jeder Messung der Drehungsaxe (welcher im Allgemeinen ein anderer bei veränderter Stellung des Tellers q) und der Stand der Prismenfläche abgelesen werden, welche Ablesungen k oder K ergeben.

Zweitens, die Bestimmung von Θ und ϑ wird zuverlässiger im Verhältnisse der Entfernung h des Instrumentes vom Spalte. Die Beschränktheit des mir zu Gebote stehenden Raumes und die Localverhältnisse der Steinplatten gestatteten mir aber nicht, diese Entfernung zu vergrößern. Vergleicht man die bei Dutirou¹⁾ in der Bestimmung der Indices vorkommende größte Differenz

$$0,0003$$

mit der bei meinen Werthen für N vorkommenden

$$0,000523,$$

so erscheint dieses Verhältniß nicht ungünstig für meine Methode, wenn man bedenkt, dafs bei Dutirou's Beobachtungen die Entfernung des Prismas vom Spalte 12 Meter, bei den meinigen dagegen nur 0,9208 Meter betrug, und es läfst sich demnach bei ermöglichter gröfserer Entfernung ein bei weitem erhöhter Grad von Zuverlässigkeit für meine Methode erwarten.

1) Dutirou hat, so weit mir bekannt, die genauesten Messungen geliefert s. *Mémoire sur la détermination des indices de réfraction etc.* par M. l'abbé Dutirou. *Ann. de chim. et de phys.* S. III, T. 28.

V. Einer unter günstigen Umständen möglichen Vereinfachung der Beobachtungsweise möge hier noch Erwähnung geschehen.

Das Fernrohr II wird nämlich entbehrlich, wenn man

1) für das Fernrohr I in jeder nöthigen Stellung eine vollkommen feste Aufstellung hat, und

2) die beiden Stellungen des Fernrohres I so wählen kann, daß für eine günstige feste Stellung der Prismenfläche II in beiden Stellungen des Fernrohres I die Scale im Gesichtsfelde ist, da dann der Winkel der Fernrohraxen bestimmt werden kann aus den abzulesenden Winkeln, welche in jeder Stellung die Fernrohraxe mit der festen Normale der Prismenfläche II bildet.

Schließlich sey es mir erlaubt, meinen hochverehrten Lehrern, den HH. Prof. Weber und Listing, meinen Dank auszusprechen für alle Unterstützungen, die sie mir im Verlaufe meiner Arbeiten zu Theil werden ließen.



III. Fortgesetzte Beobachtungen über die elektrische Entladung in gasverdünnten Räumen; von Plücker.

(Siehe diese Ann. Bd. CIII, S. 88 u. 151, Bd. CIV, S. 113 u. 622, u. Bd. CV, S. 67.)

In sich zurückkehrende elektrische Lichtströmungen.

118. Nachdem seit Grove's erster Beobachtung ¹⁾ die prächtige Erscheinung des geschichteten Lichtes in dem directen elektrischen Entladungsstrome im gasverdünnten Raume die allgemeine Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gezogen hat, und unter verschiedenen Gesichtspunkten weiter verfolgt worden ist, hat neuerdings Hr. Gassiot zuerst die Beobachtung gemacht, daß die Lichtschichtung auch dann in ihrer ganzen Schönheit sich zeigt, wenn man statt den directen Strom durch eine evacuirte Glasröhre zu leiten, im Innern derselben Inductionsströme erregt. Eine für diesen Zweck angefertigte Röhre verdanke ich der Güte des Hrn. Gassiot selbst, der mir in freundlichster Weise die schönen Erscheinungen seiner nach großartigem Maafstabe construirten Apparate zeigte; insbesondere auch die Lichtstratification im fraglichen Inductionsstrome und die Theilung desselben durch einen Elektromagneten ²⁾. In

1) In meiner ersten Abhandlung habe ich mir eine wesentliche Auslassung zu Schulden kommen lassen, die ich hier, bei der ersten Gelegenheit, die sich darbietet, redressire. Hr. Grove ist nämlich der Erste, welcher die dunkeln Streifen im elektrischen Lichtstrome beobachtet hat, indem er den Ruhmkorff'schen Apparat unter dem Recipienten der Luftpumpe, wo Phosphor der freien Verdampfung überlassen war, entlud (*Transaction of the Roy. Soc. Part. I, 1852 und Phil. Mag. Dec. 1852*). Die Beobachtungen der HH. Ruhmkorff und Quet sind spätern Datums.

2) In den *Proceedings of the Roy. Soc.* (March 4, 1858) findet sich darüber das Folgende: »If instead of sealed wires, tin-foil coatings are placed on the vacuum tube and the coatings are attached to the terminals of the induction apparatus, brilliant stratifications

dieser letzten Erscheinung erblickte ich sogleich die Ablenkung des gewöhnlichen (directen) Entladungsstromes, die ich früher ausführlich beschrieben habe, *zwiefach* auftreten, dem entsprechend, daß durch die evacuirte Röhre zwei entgegengesetzte Ströme hindurchgingen. Die wirkliche Existenz zweier entgegengesetzten Ströme in dem inducirten Entladungsstrom war für mich um so mehr erwiesen, als ich bereits früher schon die Erscheinung eines solchen, schöne Lichtschichtung zeigenden Doppelstromes, der in gleicher Weise durch den Magnet in zwei einander gleiche Ströme getheilt wird, selbst beobachtet und beschrieben hatte (64). In dieser beschriebenen Erscheinung war es ein einziger abgezweigter Entladungsstrom, der seinen Weg nach dem geschlossenen Ende einer evacuirten Röhre nahm und dann auf seinen eigenen Weg wieder zurückkam. Hierbei gelangte die Strömung *derselben* elektrischen Entladung bei ihrem Hin- und Hergehen in zwei verschiedenen Momenten in demselben Querschnitte der Röhre an. Wie unendlich klein aber die Zeitdauer ist, welche zwischen diesen beiden Momenten liegt, mögen wir aus der Länge der zurückgelegten Wegstrecke und der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des elektrischen Stromes ermessen. Die beiden Ströme stören sich auf ihrem Wege offenbar darum nicht, weil sie nicht absolut momentan sind. Und so halte ich auch die beiden entgegengesetzten inducirten Entladungsströme in der Gassiot'schen Röhre, über deren Natur später zu beschreibende Versuche Aufschluß geben werden (124 bis 127), für *nicht momentane* Ströme.

119. Hr. Gassiot hat die Nichtinterferenz zweier elektrischen Lichtströmungen, die denselben oder entgegengesetzten Weg gehen, durch directe Versuche nachgewiesen.

immediately appear in the portion of the vacuum between the coatings. On approaching a powerfull magnet, the stratifications divide into two equal series, in which the bands or strata are concave in opposite directions. »The character of these two forms of electrical discharge (the direct and the induced discharge) can always be determined by the magnet.«

Er bediente sich zu diesem Zwecke einer mehrere Fufs langen und etwa einen englischen Zoll weiten evacuirten Glasröhre, die nahe an jedem ihrer beiden Enden zwei eingeschmolzene isolirte Platin-Elektroden hatte, vermittelt deren man, durch die Röhre hindurch, gleichzeitig zwei verschiedene Inductions-Apparate in gleicher oder entgegengesetzter Richtung entladen konnte. Ich war meinerseits bei der Erörterung der Frage, ob zwei verschiedene Entladungsströme irgend eine Wirkung auf einander ausübten, derjenigen Wirkung analog, die bei zwei Strömen, die an Leitungsdrähten gebunden sind, beobachtet wird, früher schon zu dem gleichen negativen Resultate gelangt. Namentlich leitete ich die Entladung desselben Ruhmkorff'schen Apparates gleichzeitig durch zwei Geißler'sche Röhren, die, in der Mitte sich durchdringend, zu einem Kreuze verbunden waren, ohne zu bemerken, dafs die getheilten Ströme sich irgendwie störten.

120. Sobald sich die Gelegenheit dazu bot, unterwarf ich den inducirten Doppelstrom in der Gassiot'schen Röhre einer vollständigen Analyse durch den grofsen Elektromagnet, zu dessen Erregung ich, wie gewöhnlich, sechs Grove'sche Elemente anwandte. Die Röhre ist 87^{cm} lang, 26^{mm} dick und an ihren Enden in Spitzen ausgezogen. Die beiden Platin-Elektroden sind etwa 30^{mm} von jedem Ende seitwärts eingeschmolzen. Zwischen den beiden Elektroden befinden sich zwei verschiebbare, 60^{mm} breite Staniolbelege, welche die Röhre umgeben. Wenn einerseits die beiden Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates mit den beiden Elektroden verbunden wurden, so gab die Röhre die Erscheinungen des directen elektrischen Lichtstroms; wenn andererseits, wobei die Elektroden als nicht vorhanden betrachtet werden können, die beiden Drahtenden mit den Staniolbelegen in Berührung gebracht wurden, so trat der inducirte Doppelstrom mit seiner schönen Lichtschichtung auf.

Es wurden die beiden schweren Halbanker so auf die beiden Pole des grofsen Elektromagnets gelegt, dafs diesel-

ben mit ihren abgerundeten Enden einander zugekehrt waren, und auf diese Anker die Röhre, zunächst in *aequatorialer* Lage. Unter der magnetischen Einwirkung concentrirte sich das geschichtete Licht, welches den ganzen Raum der weiten Röhre zwischen den von einander so weit als möglich entfernten Staniolbelegen ausfüllte, oberhalb der Pole, in einer Strecke von mehr als 30^{cm}, in zwei intensive Ströme von weißem Lichte. Diese getrennten Ströme legten sich an den obersten und untersten Theil der inneren Wandung der Röhre an. Die Trennung der beiden Ströme fand auch dann noch statt, wenn die Röhre, ohne Aenderung ihrer Richtung, bedeutend, etwa bis 25^{cm} über die Anker, gehoben wurde. Nur bei einer starken magnetischen Erregung fand an der Stelle der größten Wirkung ein Zerreißen des unteren Stromes statt; der obere Strom zeigte immer eine schöne feine Schichtung. Wenn die Röhre, ihre aequatoriale Richtung fortwährend beibehaltend, von der Mitte des Magnets aus auf einem der beiden Halbanker verschoben wurde, so neigte sich die Ebene, welche durch die beiden getrennten Ströme sich legen läßt, die ursprünglich vertical war, immer mehr horizontal und neigte sich dann wieder, wenn die Wirkung des entfernteren Endes des Halbankers vorherrschend wurde, in entgegengesetztem Sinne.

121. Wenn die Röhre auf die beiden einander genäherten Halbanker so aufgelegt wird, daß sie einen Winkel von etwa 45° mit der Aequatorial-Ebene bildet und oberhalb der Mitte zwischen den Halbankern hingeht, so werden in größerer Entfernung von dieser Mitte, wo die Wirkung des einzelnen Halbankers überwiegt, die beiden Ströme in ähnlicher Weise, wie vorher, getrennt. Die beiden Theile ein und desselben Stromes, welche in einer horizontalen Ebene oberhalb der beiden Anker sich hinziehen, liegen auf den entgegengesetzten Seiten der durch die Axe der Röhre gehenden Vertical-Ebene und werden oberhalb der Stelle der größten magnetischen Wirkung durch eine schöne glänzende Spirale mit einander verbunden. Die an

der inneren Wandung der Röhre sich hinziehenden Spiralen sind beide gleichgewunden, wie, in dem Falle eines dickeren Seiles, das aus mehreren dünneren gewunden ist, zwei dieser dünneren Seile, die weiter von einander abstehen. Sie sind rechts oder links gewunden, je nachdem die Röhre auf der einen oder anderen Seite einen Winkel von 45° mit der Aequatorial-Ebene macht. Die eine dieser beiden Spiralen hat ihren höchsten, die andere ihren tiefsten Punkt auf der durch die Mitte zwischen den beiden Halbankern gehenden Verticallinie. (Fig. 13, Taf. II.)

Sowohl nach einer Commutation des Ruhmkorff'schen Apparates, als auch nach einer Commutation der magnetischen Polarität stellt sich die ursprüngliche Erscheinung genau wieder her. Bei der erstgenannten Commutation vertauscht sich die Stromrichtung in den unteren und oberen Spiralen, bei der zweiten geht der gleichgerichtete Strom von den einen Spiralen in die anderen über.

Die doppelte Spirale trat am reinsten hervor, als die Röhre etwas über die Fläche der Halbanker gehoben wurde. Durch die Abnahme der magnetischen Wirkung auf die untere Spirale fällt die Zerstreuung des Lichtes derselben fort, und das Verhältniß der Gröfse dieser Wirkung auf die beiden Spiralen kommt dann der Gleichheit näher. Aus denselben Gründen sieht man die doppelten Spiralen am schönsten in etwas engeren Röhren. Sie treten auch in solchen Röhren auf, die nur wenige Millimeter weit sind.

122. In allen Erscheinungen der beiden vorigen Nummern erfolgt Alles *gleichzeitig*, gerade so, wie es vor und nach einer Communitation des Ruhmkorff'schen Apparates dann erfolgt seyn würde, wenn ein und derselbe gewöhnliche und einfache Entladungsstrom, bei gleicher Lage der Röhre, der Einwirkung des Magnets ausgesetzt worden wäre.

Die beiden getrennten Ströme beschreiben auf der inneren Glaswandung die vollständige epibolische Curve, oder die beiden geraden Linien, in welche dieselbe in dem ersten Falle sich auflöst (84). Diese geraden Linien sind dann

den Elementarströmen parallel, die durch den ganzen Querschnitt der Röhre, sich einander nicht störend, hin und her gehen, und die Erscheinung würde in diesem Falle dieselbe seyn, als wenn wir uns diese Ströme von unveränderlicher Form und als beweglich denken.

123. Ueberhaupt die bemerkenswertheste Erscheinung entspricht dem Falle, daß die Röhre in *axialer* Richtung auf die beiden (2 bis 30^{mm} von einander abstehenden) Halbanker gelegt wird. Dann wird jeder der beiden entgegengesetzten Ströme in der durch die Axe der Röhre gehenden Horizontal-Ebene abgelenkt, und die beiden Hälften desselben Stromes liegen auf beiden Seiten der axialen und verticalen Ebene. Was aber entsteht, wenn, oberhalb der Stelle der größten magnetischen Wirkung, die Erscheinung, wie ich sie früher (14) für den einzelnen Strom beschrieben habe, gleichzeitig für die beiden entgegengesetzten Strömungen auftritt und diese Strömungen sich auf ihrem Wege begegnen, darüber konnte nur der Versuch Aufschluss geben.

Fig. 14, Taf. II. Die beiden positiven Ströme laufen an der einen Seite der inneren Wandung der Röhre in feine Spitzen *AB* aus, die beide an ihren äußersten Enden sich herabsenken, während auf der anderen Seite das Auge einen continuirlichen Strom wahrzunehmen glaubt, der sich in der Nähe der Aequatorial-Ebene am Glase etwas nach Oben biegt. Dieser letzte anscheinlich continuirliche Strom ist aber in der Wirklichkeit aus zweien zusammengesetzt, die von der Aequatorial-Ebene aus nach entgegengesetzter Richtung verlaufen. Von den positiven, in Spitzen auslaufenden Stromhälften geht fluthendes Licht nach dem gegenüber liegenden Strome hin. Dieses überfluthende Licht nimmt bei größerer Entfernung von der Aequatorial-Ebene immer mehr an Intensität ab; es ist nach der Mitte hin, wo es am stärksten ist, von Oben angesehen, scharf begränzt durch eine horizontale Curve von der Form eines Kreisbogens, der etwas größer ist als ein Halbkreis, und dessen beide Endpunkte auf den beiden positiven Stromhälften, bevor

diese in Spitzen auslaufen, aufstehen. Von der Seite her sieht man im Innern der Röhre, oberhalb der durch die Axe derselben gehenden Aequatorial-Ebene Licht in magnetischen Curven, namentlich von einer Seite jener Begrenzung zur anderen übergehen; aber auch nach dem Magnet hin strömt Licht, die magnetischen Curven nach Unten hin fortsetzend.

124. Wir erhalten einen Doppelstrom auch dann schon, wenn wir mit einem der beiden Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates *einen einzigen der beiden Staniolbelege berühren*. Dieser Doppelstrom wird schöner, wenn wir gleichzeitig das entferntere Ende der Röhre mit der Erde in leitende Verbindung setzen, namentlich wenn wir den zweiten Staniolbeleg beibehalten und mit der Hand anfassen. Dann füllt sich der Raum zwischen den beiden Belegen mit schön geschichtetem Lichte, wie in dem Gassiot'schen Versuche, und der Magnet zeigt, dafs dieses Licht einen elektrischen Doppelstrom bildet.

125. Die Entstehung dieses Doppelstromes findet die folgende Erklärung. Wenn wir mit dem einen Drahtende, für welches wir hier das positive nehmen wollen, den einen Staniolbeleg berühren, so wird im Innern der Röhre an der entsprechenden Stelle die negative Elektricität festgehalten, die positive fortgetrieben und geht zunächst nach dem zweiten Staniolbelege hin, wo sie ihrerseits, nach Aufsen hin, inducirend wirkt und gewissermassen für einen Augenblick einen Ruhepunkt findet; dann aber, nach Aufhören der Inductions-Spannung des positiv erregten Drahtendes, zurückkehrt, um sich mit der im Innern der Röhre am ersten Belege frei werdenden negativen Elektricität wieder auszugleichen. Jeder Schliessung und Wiederunterbrechung des Ruhmkorff'schen Apparates entspricht ein solcher Doppelstrom.

Man könnte hiernach annehmen, dafs wenn wir, wie bei dem oben beschriebenen Gassiot'schen Versuche, mit den beiden Drahtenden die beiden Staniolbelege berühren, zwei zwischen den Belegen hin- und hergehende Doppelströme,

vier einfache Ströme auftreten. Aber diese reduciren sich auf zwei, von welchen der Strom bei der Schließung des Ruhmkorff'schen Apparates die entgegengesetzte, der Strom bei der Oeffnung die gleiche Richtung mit dem directen Strome hat, der entstehen würde, wenn die beiden Drahtenden, statt die Staniolbelege zu berühren, an den betreffenden Stellen in die Röhre hineinreichten.

126. Die Staniolbelege in dem Versuche der No. 124 befördern die Hervorrufung des doppelten Inductionsstromes, ohne zu seiner Erregung unumgänglich nothwendig zu seyn. Die bloße Berührung einer gehörig evacuirten Glaskugel mit einem der beiden Drahtenden genügt, um in der Kugel eine von dem berührten Punkte ausgehende und zu demselben zurückkehrende Strömung hervorzurufen, die, unter der Einwirkung des Magnets, im Allgemeinen zu einer freien magnetischen, oder in einem besonderen Falle, zu einer epibolischen Curve sich zusammenzieht. Der Weg des freien Stromes ist durch die einzige magnetische Curve, welche durch den der Berührungsstelle entsprechenden Punkt der inneren Wandung geht und diese noch in einem zweiten Punkte schneidet, vollkommen bestimmt. Der Strom geht auf dieser Curve hin und her. Der Strom bewegt sich dann auf einer *epibolischen* Curve hin und her, wenn die magnetische Curve in dem der Berührungsstelle entsprechenden Punkt der inneren Wandung diese Wandung berührt.

127. Wir können gleichzeitig mit *beiden* Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates die Kugel berühren. Dann entspricht jedem der beiden Berührungspunkte im Innern der Kugel eine besondere Doppelströmung. Die beiden Doppelströmungen bilden, unter der Einwirkung des Magnets, im Allgemeinen zwei verschiedene magnetische Curven; sie vereinigen sich nur dann zu einer einzigen Doppelströmung, wenn die beiden berührten Punkte derselben magnetischen Curven angehören. Eine der beiden Doppelströmungen kann insbesondere auf der epibolischen Curve sich bewegen, während die andere den Lauf einer

freien magnetischen Curve beibehält. Wenn die berührten Punkte zwei Punkte der epibolischen Curve sind, so giebt es nur eine Doppelströmung auf dieser Curve.

In allen Fällen üben zwei Doppelströmungen, die verschiedene Wege verfolgen, anscheinend keine Einwirkung auf einander aus¹⁾).

128. Wir erhalten ferner auch dann in sich selbst zurückkehrende elektrische Ströme, wenn wir uns einer längeren stark evacuirten Röhre bedienen, in deren einem Ende eine Elektrode eingeschmolzen ist, und diese Elektrode mit einem Drahtende des Ruhmkorff'schen Apparates verbinden, während das andere Drahtende entweder frei bleibt oder, um dem ersten Ende eine grössere Spannung zu geben, mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, etwa, wie Hr. Böttger lehrt, mit einer Gasröhrenleitung verbunden wird. Wenn wir dann insbesondere noch die Röhre in grösserer Entfernung von der Elektrode mit der Hand berühren, oder im zweiten Falle, um stärkere Schläge zu vermeiden, einen mit der Erde verbundenen Beleg anbringen, so strömt die Elektrizität, die gewöhnliche Schichtung zeigend, von der Elektrode zu der berührten Stelle oder dem Belege hin und kehrt von hier wieder zur Elektrode zurück. Dieser in sich zurückkehrende Strom wird auch in diesem Falle durch den Elektromagnet nachgewiesen; unter dessen Einwirkung ist der Weg des hingehenden Stromes ein anderer, als der Weg des zurückkehrenden; die Intensität beider ist dieselbe.

Es ist wohl kaum in Frage zu stellen, dass der zurückkehrende Strom wieder in die Elektrode eintritt. Doch in die Erörterung dieser Frage gehe ich hier nicht ein, weil sie ohne ein Eingehen in die sämmtlichen Inductionserschei-

1) Hr. Faraday theilte mir unterm 27. Juli d. J. die auch seinerseits gemachte Beobachtung der No. 124 mit. Ich habe sie in der unterm 15. Juli abgedruckten Abhandlung mitgetheilt, wobei ich namentlich die Versuche der No. 126 und 127 berührte (85 bis 86). S. diese Ann. Bd. CIV, S. 629.

nungen am Ruhmkorff'schen Apparate unvollständig bleiben würde ¹⁾).

129. Es finde hier die folgende bemerkenswerthe Beobachtung ihre Stelle. In einer evacuirten Kugel von etwa 45^{mm} Durchmesser ragten zwei etwa 30^{mm} lange Elektroden hinein. (Diese Elektroden befanden sich in zwei Ebenen, die, zu beiden Seiten des Mittelpunktes der Kugel, von diesem 7 bis 8^{mm} abstanden, ihre Richtungen waren gekreuzt.) Als ich eine der beiden eingeschmolzenen Elektroden mit einem beliebigen der beiden Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates verband, wurde nicht nur diese Elektrode, sondern auch die andere leuchtend, und zwar beide Elektroden anscheinend gleich stark und beide mit dem charakteristischen doppelten Lichte des positiven und negativen Poles zugleich. Als die Kugel auf die genäherten Halbanker gebracht wurde, zog sich an beiden Elektroden das negative Licht zu einer magnetischen Fläche zusammen, während zugleich an jeder derselben positives Licht (schon an seiner Farbe kenntlich) selbstständig auftrat. Dieser Versuch, bei dem es ganz vorzüglich auf den Grad der Verdünnung und die Natur der zurückbleibenden Gasspuren ankommt, zeigt unzweideutig, wie die Elektrizität von der ersten zur zweiten Elektrode und von dieser wieder zurück zur ersten strömt. Zugleich sehen wir aber auch, dafs hier, wo der elektrische Strom unzweideutig nachgewiesen ist, in der Mitte des Weges die Strömung durch einen dunkeln Raum geht ²⁾).

130. Endlich gehören hierhin Beobachtungen, welche

- 1) Bei dieser Gelegenheit erwähne ich des Falles, dafs die zur Erregung des Apparates dienenden drei Grove'schen Elemente durch eine Rück-Induction auf den Leitungsdraht des primären Stromes so stark als Leydener Batterie geladen wurden, dafs selbst die Glasgefäfsse nicht ungestraft angefaßt werden durften.
- 2) Man hat in dieser Beobachtung gleichzeitig, nur geschwächt, dieselbe Erscheinung, als wenn die beiden Drahtenden nach einander in doppelter Weise mit den beiden Elektroden verbunden werden. Ueber die magnetischen Erscheinungen an solchen Kugeln siehe den folgenden Abschnitt.

der oben schon citirten Beobachtung der No. 64 analog sind. Auch wenn die beiden Elektroden einer Geißler'schen Röhre in gewohnter Weise mit den beiden Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates verbunden sind, der Strom aber auf seinem Wege durch Verengung der Röhre an einer Stelle, oder sonst, Hindernisse findet, kehrt er theilweise auf seinen Weg zurück. Solche schwächere rückkehrende Ströme erkennt man sehr oft durch Hülfe des Magnets in solchen Geißler'schen Röhren.

131. Auch der Magnet kann hemmend auf die elektrische Entladung wirken (17). Dadurch finden ältere Beobachtungen, die ich an Geißler'schen Röhren, deren Form und relative Dimensionen die Fig. 13, Taf. II zeigt, machte, eine befriedigende Erklärung. Als eine solche Röhre mit ihrem engeren Theile so zwischen die genähereten Halbanker gebracht wurde, daß die Kugel, in welche die positive Elektrode bis zur Mitte hineinragte, an dieselben von einer Seite her anstieß, zeigte sich auch an dieser positiven Elektrode die negative magnetische Lichtfläche. Offenbar rührte diese Erscheinung von dem positiven elektrischen Lichtstrome her, der von dieser Elektrode ausgegangen und, durch den Magnet gehemmt, theilweise wieder zu ihr zurückkehrte. Indem die positive Elektrode dadurch zugleich zur negativen wurde, bildete an ihn der rückkehrende Strom die magnetische Lichtfläche, welche wie überhaupt durch diejenige magnetische Curve begrenzt wurde, die durch die Spitze der Elektrode ging (Fig. 14, Taf. II). Auf diese Curve folgte ein dunkler schwacher Streifen, welcher die Form derselben annahm und das negative Licht von dem positiven scharf schied. Das positive Licht breitete sich in der Kugel nach der engeren Röhre hin aus, indem es in dieser sich concentrirte.

132. Als die mittlere sphäroidische Erweiterung derselben Röhre an die beiden Halbanker von der Seite her angestossen wurde, zeigte sich, namentlich bei theilweisem Erlöschen des Lichts, in dem zwischen den Ankern befindlichen engeren Theile der Röhre ein ruhiger Lichtbogen,

der aus erleuchteten magnetischen Curven zusammengesetzt war und mit seinen beiden Enden auf der inneren Glaswandung aufstand. Diese erleuchteten magnetischen Curven waren die ersten, die ich fern von jeder Elektrode beobachtete (Fig. 13, Taf. II).

Statt des ruhigen Lichtbogens sieht man oft unruhige Lichtströmungen nach magnetischen Curven übergehen. Aber der Magnet als solcher ist es nicht, der in diesem Falle die Lichtströmung hervorruft; er zeichnet ihr bloß ihren Weg vor. Sie wird durch die Berührung des Ellipseids mit irgend einem Leiter hervorgerufen. Es genügt insbesondere, das Ellipsoid mit zwei Fingern in zwei Punkten derselben magnetischen Curve zu berühren, um in einer schwach erhellten Umgebung diese Curve in hellerem Lichte leuchten zu sehen. *Die bloße Induction durch die Hand* reicht also hin, um in dem Ellipsoid, durch welches hindurch der Ruhmkorff'sche Apparat entladen wird, in sich zurückkehrende, durch den Magnet gerichtete Ströme hervorzu-rufen, denen ähnlich, die in den No. 85 bis 86 und 124 bis 127 beschrieben worden sind.

133. Aus dem Vorstehenden ergibt sich, wie verschiedenartig die Verhältnisse sind, unter welchen in sich zurückkehrende elektrische Strömungen entstehen. Es ist mir sehr wahrscheinlich, daß auch *die magnetischen Lichtflächen durch Ströme dieser Art gebildet werden*; denn die Beobachtungen, welche Gegenstand des nächsten Abschnittes sind, werden in unzweideutigster Weise darthun, daß die Bildung der fraglichen Flächen zu dem eigentlichen elektrischen Entladungsstrom *nicht* gehören.

Das positiv elektrische Licht und seine Spiralen unter der Einwirkung des Magnets.

134. In einer längeren Geißler'schen Röhre tritt, wenn durch sie hindurch der Ruhmkorff'sche Apparat entladen wird, an beiden Elektroden ein charakteristisches Licht auf, das schon an der verschiedenen Farbe erkenntlich ist. Das Licht der negativen Elektrode, *das negative*

Licht, entfernt sich nicht weit von seiner Elektrode. Es füllt (bei gehöriger Verdünnung), wenn diese von einer Kugel von etwa 50^{mm} Durchmesser umgeben ist, in welche sie bis zur Mitte hineinreicht, zunächst diese Kugel aus und ist von dem Lichte der positiven Elektrode, *dem positiven Lichte*, durch eine dunkle Stelle, deren Breite nach Umständen weniger als ein Millimeter und mehr als ein Decimeter betragen kann, getrennt. Das positive Licht hingegen verbreitet sich von der positiven Elektrode aus selbst durch meterlange Röhren bis zur dunkeln Stelle. Es zeigt auf seinem Wege die von Hrn. Grove zuerst beobachteten dunkeln Streifen, deren *erster*, nach der Form [der Elektrode sich gestaltend, an diese unmittelbar sich anlehnt, als deren *letzter* die dunkle Stelle, welche das negative Licht begränzt, anzusehen ist. Dafs eine elektrische Strömung, von der positiven Elektrode ausgehend, die negative Elektrode wirklich erreicht, dafs nur das Auftreten des Lichtes auf ihrem Wege ein discontinuirliches ist: daran können wir auch entfernt nicht zweifeln, wenn wir erwägen, dafs diese Strömung unter der Einwirkung des Magnets genau den vorgeschriebenen Gesetzen folgt. Dafs auch eine dunkle Entladung stattfinden kann, ist nicht bestritten, ein neuer Beleg dazu bietet die Beobachtung der No. 129. Ebenso zuversichtlich können wir wohl annehmen, dafs nur ponderable Materie es ist, die, von dem elektrischen Strome ergriffen, das Leuchten desselben hervorbringt. Die Art des Leuchtens ändert sich mit der Natur der ponderablen Materie. Für eine Erklärung der Entstehung der dunkeln Stelle und der dunkeln Schichten haben wir bis jetzt keine physikalische Grundlage, doch scheint mir noch immer am wahrscheinlichsten, dafs die verschiedene Helligkeit des Lichtes und das gänzliche Erlöschen desselben in einer verschiedenen Ansammlung der ponderablen Materie seinen Grund hat (6).

Je mehr meine Beobachtungen sich vervielfältigen, desto mehr erscheint mir *das negative Licht ein selbstständiges, das zu dem eigentlichen elektrischen Strome und seinem*

Lichte keine unmittelbare Beziehung hat. Die merkwürdige Einwirkung des Magnets auf dasselbe, ist durch mich vollständig festgestellt worden, und in jedem vorliegenden Falle können wir die schönen mannichfaltig gestalteten magnetischen Flächen, zu denen es sich zusammenlegt, im Voraus bestimmen. Das ursprüngliche Auftreten des *positiven Lichtes* an seiner Elektrode war bisher noch im Dunkel gehüllt, und wenn mich auch vereinzelte Beobachtungen, z. B. das Auftreten von kleinen leuchtenden Spiralen an der positiven Elektrode, ein eigenthümliches Verhalten bei der Entstehung des positiven Lichtes mit Sicherheit vermuthen ließen, so blieb es doch bisher unmöglich, unter den vielen fremden Störungen die eigentliche Erscheinung zu ermitteln. Um diese Störungen zu beseitigen, mußte vermieden werden, daß nicht die positive Strömung mit ihrem Lichte gleich nach ihrem Auftreten in eine Röhre hineingezogen wurde, von deren Form ihr Weg abhängig gemacht wird. Da in allen bisherigen Beobachtungen eine Tendenz der Vereinigung des positiven und negativen Lichtes in keiner Weise wahrgenommen worden war, wurden in dieselbe Kugel von etwa 50^{mm} Durchmesser beide Elektroden in einer geringeren Entfernung von einander eingeschmolzen. Alles entsprach der Erwartung; das Licht der beiden Elektroden, schon an der verschiedenen Färbung kenntlich, blieb von einander scharf getrennt. (Selbst als die Spitzen der beiden Elektroden auf weniger als 5^{mm} einander genähert wurden, bildete sich kein Lichtbogen zwischen denselben.) Die Kugel füllte sich mit diffusum Lichte. Der Magnet aber wirkte in durchaus verschiedener Weise auf das zwiefache Licht. Das negative Licht zeigte, nicht gestört durch das positive Licht, in schönster Weise die früher beschriebenen Erscheinungen, und bestätigte vollkommen das von mir aufgestellte Gesetz ihrer Bildung. An der positiven Elektrode aber traten ganz neue Erscheinungen auf. Um von diesen ein Bild zu geben, werde ich, bei der außerordentlichen Mannichfaltigkeit derselben, einige einzelne Fälle einer ausführlichen Erörterung unterziehen und zugleich versuchen,

das Gesetz des Auftretens auch dieser neuen schönen Erscheinungen zu geben.

Ich bemerke, dafs bei den nachfolgenden Versuchen, wo nicht ausdrücklich ein anderes Gas genannt ist, die Kugeln Stickstoffgas in möglichster Verdünnung enthielten. In diesem Falle ist das negative Licht schön violett, das positive feuerroth. Solche Kugeln zeigen, nach den bisherigen Erfahrungen, das Ganze der Erscheinungen am besten, wenn auch einzelne dieser Erscheinungen dann schöner hervortreten, wenn statt des Stickstoffgases ein anderes Gas angewendet wird.

135. I. Es gingen in die angewendeten Glaskugeln von 45^{mm} Durchmesser die beiden Elektroden nur bis zur innern Wandung hinein und waren dort zu kleinen Knöpfen abgerundet. In einer Kugel standen die beiden Knöpfchen einander diametral gegenüber, in einer zweiten nicht.

1) Wenn eine solche Kugel so auf den grofsen Elektromagnet aufgelegt wird, dafs die Ebene desjenigen gröfsten Kreises, der durch die beiden Knöpfchen der Elektroden geht, senkrecht und axial ist, so fallen die beiden magnetischen Curven, welche durch diese Knöpfchen gehen und dadurch vollkommen bestimmt sind, ganz in diese Ebene. Nach Erregung des Elektromagnets vereinigte sich das Licht der negativen Elektrode zu einem einzigen Bogen, der mit der bezüglichen magnetischen Curve zusammenfiel. An der positiven Elektrode trat eine Spirale auf, die, ähnlich wie eine logarithmische Spirale ihren Pol nicht erreicht, mit einer Spitze in der Nähe des bezüglichen Knöpfchens begann. Sie lehnte sich an die Glaswandung an, fluthete dann aber, unbestimmt sich ausbreitend, zu dem negativen Lichtbogen über, wobei sie indess von demselben durch eine dunkle Stelle getrennt blieb.

Wir haben hier vier verschiedene Fälle zu unterscheiden, die einer verschiedenen magnetischen Polarität und einer verschiedenen Stromrichtung entsprechen. In der Fig. 15, Taf. II sind die beiden magnetischen Curven *NS* und *N' S'* angedeutet, nach *N* und *N'* hin liegt der Nordpol,

nach S und S' hin der Südpol des Elektromagnets. Die untere derselben ist innerhalb der Kugel erleuchtet, wenn A die positive und B die negative Elektrode ist. Die Art und Weise, wie das positive Licht von dem Punkte A aus sich verbreitet, ist bei dem großen Wechsel der Erscheinung schwer im Einzelnen zu beschreiben. Es strömt von diesem Punkte an der inneren Glaswandung nach vorn hin, wobei es aber in keinem Falle über die Aequatorial-Ebene hinausgeht und, wenn es diese überhaupt erreicht, in derselben dem Laufe einer epibolischen Curve folgt. Von der ganzen eigentlichen Lichtströmung fluthet schwächeres Licht nach der negativen Elektrode B hin. Kehren wir die magnetische Polarität um, so stellt sich der Lichtbogen unverändert wieder her, nur zieht sich das positive Licht in ganz gleicher Weise, wie früher, nach vorn und nach hinten. Nach einer Commutation des Ruhmkorff'schen Apparates wird statt der unteren magnetischen Curve die obere erleuchtet (Fig. 16, Taf. II) und das positive Licht strömt in der beschriebenen Weise von B nach A hin und zwar bei der magnetischen Polarität des zuerst erwähnten Falles nach hinten, des zweiten nach vorn.

136. Wenn insbesondere die beiden Enden der Elektroden A und B derselben magnetischen Curve angehören, so vereinigt sich alles Licht auf dieser Curve zu einem einzigen ununterbrochenen Lichtbogen (Fig. 17, Taf. II). Auf diese Erscheinung hat weder die Stromrichtung noch die Polarität des Elektromagnets Einfluss. Die obige Bedingung wird dann immer erfüllt, wenn die Glaskugel auf der Mitte des Magnets aufliegt und die beiden Platinknöpfechen A und B zu beiden Seiten derselben gleich hoch liegen (Fig. 18, Taf. II).

137. Wenn die Glaskugel wiederum in die Mitte gelegt und dann um ihren aequatorialen Durchmesser so gedreht wird, daß der Endpunkt der positiven Elektrode A , indem er die höchste oder tiefste Lage einnimmt, in die Aequatorial-Ebene rückt, so tritt an die Stelle der früheren Curve eine *epibolische*. In der Doppelfigur 19, Taf. II ist

A der höchste Punkt, in welchem die Kugel von einer magnetischen Curve berührt wird, und *NS* diejenige magnetische Curve, welche durch das Ende *B* der negativen Elektrode geht und nach der innerhalb die Kugel erleuchtet ist. Von dem Punkte *A* aus zieht sich auf dem Umfange des in der Aequatorial-Ebene liegenden größten Kreises, durch etwas mehr als einen Quadranten ein heller, scharf begränzter, zuletzt in eine feine Spitze auslaufender Lichtstreifen *AE*, von dem aus wallendes Licht nach dem negativen Lichtbogen hin überfluthet. Es liegt in der Doppelfigur 19, Taf. II der Südpol bezüglich rechts und nach vorn, der epibolische Lichtstreifen erstreckt sich bezüglich nach vorn und links. Bei einer Commutirung der magnetischen Polarität rückt dieser Streifen bezüglich nach hinten und rechts.

In der Doppelfigur 10, Taf. II liegt der Punkt *A* am tiefsten, die magnetischen Pole liegen wie in der früheren Doppelfigur. Der epibolische Streifen *AE* geht bezüglich nach hinten und rechts. Er geht nach einer Commutation der magnetischen Polarität nach vorn und links.

138. Wenn in Folge einer Drehung der Kugel um ihren äquatorialen Durchmesser, statt des Endpunktes der positiven Elektrode der Endpunkt der negativen in die Aequatorial-Ebene rückt (es kommt dieß schließlich auf eine Commutation des Ruhmkorff'schen Apparates in den vier Fällen der vorigen Nummer hinaus), so wird der erleuchtete Theil der magnetischen Curve immer kleiner, bis zum gänzlichen Verschwinden, während der Weg des positiven Lichtes sich analog wie früher bestimmt.

139. 2) Wenn die evacuirte Glaskugel so auf dem großen Elektromagnet aufliegt, daß der durch die beiden Elektrodenenden *A* und *B* gehende größte Kugelkreis in die Aequatorial-Ebene fällt, so folgt der positive Lichtstrom einer epibolischen Curve. In dem Falle, daß die beiden Elektrodenenden einander diametral gegenüber und gleich hoch lagen, bildete sich, von der positiven Elektrode *A* ausgehend, ein heller, scharf begränzter Lichtstreifen *AE*, der etwas mehr als einen Quadranten des äquatorialen

Kugelkreises erleuchtete und etwas über den höchsten oder tiefsten Punkt hinaus in eine feine Spitze auslief. Von diesem Lichtstreifen fluthet, seiner ganzen Länge nach, in der Aequatorial-Ebene Licht zur negativen Elektrode hinüber, das durch einen nach dem Mittelpunkte hin concaven Bogen ziemlich scharf begränzt wurde. In den Fällen der Fig. 11 und 12, Taf. II ist *A* die positive und *B* die negative Elektrode. Die beiden Fälle gehen durch eine Commutation der magnetischen Polarität in einander über. In dem ersten ist der Südpol vorn und der epibolische Lichtstreifen senkt sich nach dem tiefsten Punkte. In dem zweiten Falle ist der Nordpol vorn und der Lichtstreifen zieht sich nach oben. Bei der Polarität der Fig. 11, Taf. II würde, nach einer Aenderung der Stromrichtung, der Lichtstreifen von *B* aus nach oben sich erstrecken; bei der Polarität der Fig. 12, Taf. II von *B* aus nach unten.

140. II. Kugel von 45^{mm} Durchmesser, mit zwei durchgehenden parallelen Platin-Elektroden, *AB* und *CD*, die, in der Ebene desselben größten Kreises, gleich weit vom Mittelpunkte der Kugel entfernt waren. Es war durchaus gleichgültig, welches der beiden Enden einer Elektrode mit einem Ende des Inductionsdrahtes des Ruhmkorff'schen Apparates verbunden wurde. Um die ganze negative Elektrode verbreitete sich schön violettes Licht, das positive Licht trat als ein schmaler Längen-Streifen an derjenigen Seite der positiven Elektrode auf, die der negativen zugekehrt war. Die Kugel wurde auf die beiden, mit ihren kreisförmig abgerundeten Seiten einander zugewandten, grossen Halbanker gelegt und zwar, wenn nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt werden wird, auf die Mitte derselben.

1) Die beiden Elektroden waren *axial gerichtet und befanden sich in derselben Horizontalebene*.

Die von dem *negativen* Lichte gebildete magnetische Fläche wich wenig von der Ebene desjenigen kleinern Vertikalkreises der Kugel ab, der durch die bezügliche Elektrode geht und wurde in dieser Ebene nach unten durch einen hellvioletten, einige Millimeter breiten, magnetischen

Bogen, der die Mitte der Elektrode berührte, scharf begrenzt; nach oben war das Licht schwächer, aber die Gränze war ebenfalls scharf und wurde von derjenigen magnetischen Curve, welche durch die beiden Endpunkte derselben Elektrode geht, vorgezeichnet. Die Erscheinung dieser magnetischen Lichtfläche stellt sich, nach einer Commutation der magnetischen Polarität, in ganz gleicher Weise wieder her; nach einer Commutation der Stromrichtung tritt sie in gleicher Weise an der anderen Elektrode auf.

Um die Lichterscheinungen an der positiven Elektrode zu beschreiben, wollen wir von dem Falle der Fig. 13 Taf. II ausgehen, in welcher, von oben angesehen, *AB* die positive, *CE* die negative Elektrode ist, und die Kugel links auf dem Südpole rechts auf dem Nordpole aufliegt. Unter diesen Voraussetzungen wurde, nachdem der Elektromagnet erregt worden war, das Licht der positiven Elektrode nach den Enden derselben, *A* und *B*, hingedrängt, von wo aus es in zwei Spiralen zu der negativen Elektrode übergeführt wurde. Diese beiden Spiralen lehnten sich anfänglich an die innere Glaswandung an, breiteten dann aber sich immer mehr aus, zuletzt von oben her zu dem violetten Lichte der negativen Elektrode sich hinziehend, ohne sich jedoch mit diesem zu vereinigen. Von der Aequatorialebene aus angesehen war die Spirale oberhalb des Südpols eine rechtsgewundene, die Spirale oberhalb des Nordpols eine linksgewundene.

141. Die Erscheinung änderte sich mit einer Aenderung der magnetischen Polarität. Das Licht der positiven Elektrode wurde von den Enden derselben nach der Mitte, nach der Aequatorialebene, hingedrängt. Von hier aus verbreitete es sich in zwei Schneckenlinien, welche, durch die dunkle Aequatorialebene von einander getrennt, sich umgekehrt wie früher wanden und, von unten her sich ausbreitend, nach den Enden der negativen Elektrode sich hinzogen. (Fig. 14, Taf. II).

142. Durch eine Commutation der Stromrichtung treten die beiden Spiralen in dem Falle der Fig. 13, Taf. II von

den Enden der Elektrode AB zu der Mitte der Elektrode CD hinüber; sie ziehen sich, umgekehrt gewunden wie in der Fig. 14, zuletzt von unten her zur negativen Elektrode hin (Fig. 15). Findet die Commutation in dem Falle der Fig. 14 statt, so treten die Spiralen von der Mitte der Elektrode AB zu den Enden der Elektrode CD hinüber, zuletzt, umgekehrt gewunden wie in Fig. 13, von oben her zur negativen Elektrode sich hinziehend (Fig. 16).

143. 2. Die beiden Platin-Elektroden waren *axial* und lagen *senkrecht über einander in der axialen symmetrischen Ebene*.

Als positive Elektrode wurde zuvörderst die untere genommen, als negative die obere. Die magnetische Fläche fiel in die Ebene der beiden Elektroden. Sie wurde oben durch die innere Glaswandung begrenzt, weil die durch die beiden Endpunkte der oberen Elektrode gehende magnetische Curve ausserhalb der Kugel fiel, nach unten bildete die Gränze diejenige magnetische Curve, welche diese Elektrode in ihrer Mitte berührte und, bei der gewählten Entfernung der beiden Halbanker, auf der untern Elektrode nahe den beiden Endpunkten derselben aufstand. Nur in diesen Endpunkten war diese Elektrode in feuerrothem Lichte ruhig leuchtend. Die Beleuchtung der magnetischen Fläche war eine ziemlich gleichmässige (Fig. 17, Taf. II).

144. Als die Kugel von der Mitte aus parallel mit sich selbst nach axialer Richtung über eine Polfläche verschoben wurde, änderte sich die obige magnetische Fläche in bekannter Weise. Die begränzende magnetische Curve schnitt die untere positive Elektrode, AB , nur in einem einzigen Punkte, E , der, je nach der Grösse der Verschiebung, mehr oder weniger von dem Endpunkte derselben, B , sich entfernte; wonach ein kleinerer oder grösserer Theil, AE , dieser Elektrode innerhalb der magnetischen Fläche zu liegen kam. (Diese Fläche erstreckte sich, wie gewöhnlich bis zur Glaswandung, woran sie bei der Feinheit der Elektrode, AB , nicht gehindert wurde). Dieser Theil der Elektrode leuchtete ruhig in röthlichem Lichte (um so weniger stark, je

größer er war, während der übrige Theil, *EB*, ganz dunkel war (Fig. 18, Taf. II).

Bei einer Commutation der Magnetpole änderte sich die Erscheinung durchaus nicht.

145. Die Erscheinung wird aber eine ganz andere, wenn durch eine Commutation der Stromrichtung die untere Elektrode die negative, die obere die positive wird, wobei keine durch einen Punkt der untern Elektrode gehende magnetische Curve die obere positive Elektrode schneidet. Die magnetische Fläche in der Ebene der beiden Elektroden wurde durch zwei magnetische Curven begränzt, von denen die untere, *EFG*, die negative Elektrode in deren Mitte berührte, die obere *AHB*, durch die beiden Endpunkte derselben ging. Das Licht der magnetischen Fläche, das an der untern Begränzung einen besonders hellen, einige Millimeter breiten Bogen bildete, nahm nach der obern Begränzung hin ab, ohne dafs diese dadurch unbestimmt wurde. Während diese Lichtfläche von der magnetischen Polarität unabhängig ist, erhalten wir eine doppelte Erscheinung an der positiven Elektrode. Diese Erscheinung ist eine sehr wechselnde und daher schwer zu beschreiben. Das Constante derselben ist, dafs das positive Licht, wenn im Falle der Fig. 19, Taf. II der Nordpol links liegt nach *Vorne* hin in einem Bogen von seiner Elektrode zur negativen überströmt. Wenn aber der Südpol links liegt, so strömt es nach *Hinten* über. Vor dem Ueberströmen sammelte sich das positive Licht an einer oder an mehreren Stellen seiner Elektrode; diese Stellen waren aber nicht immer dieselben. Zuweilen zeigte sich eine schöne Schichtung des Lichtes. Die Gränze des nach der magnetischen Fläche hinströmenden und sich immer mehr verbreitenden Lichtes war durch die obere Begränzung dieser Fläche, von der es durch einen dunklen Streifen getrennt blieb, gegeben.

Als die Kugel, parallel mit sich selbst, senkrecht nach oben gehoben und zugleich die beiden Halbanker einander bis auf 2^{mm} genähert wurden, änderte sich die Erscheinung in der Art, dafs der positive Draht in seiner ganzen Länge

leuchtend blieb, und das positive Licht durch einen schmalen dunklen Streifen einerseits von dem Drahte, andererseits von der magnetischen Fläche getrennt war Fig. 20, Taf. II.

146. 3) *Die beiden Elektroden waren aequatorial gerichtet und lagen in derselben Horizontalebene.*

Als die Mitte zwischen den beiden Elektroden in die Aequatorialebene fiel, ging dieselbe gewölbeförmige magnetische Fläche durch beide Elektroden zugleich und stand auf beiden Seiten auf der inneren Glaswandung auf. Sie war gleichmäfsig in violetterm Lichte erleuchtet. Die positive Elektrode hatte ihr Licht verloren. Eine Commutation der magnetischen Polarität änderte in der Erscheinung nichts.

147. Als die Kugel, parallel mit sich selbst, nach axialer Richtung verschoben wurde, so dafs sie auf einer einzigen Polfläche aufstand, änderte sich die magnetische Fläche nach bekanntem Gesetze. In dem Falle der Fig. 22, Taf. II stand sie auf dem Südpole auf und es zog sich die magnetische Fläche durch die negative Elektrode *CD* unterhalb der positiven Elektrode *AB* zur Glaswandung hin. An dieser Elektrode zog sich das Licht nach *A* dem einen ihrer Endpunkte hin und ging von da in einer Spiralen, die sich wand, wie der Zeiger einer Uhr sich dreht deren Zifferblatt, von der Mitte der Kugel aus, angesehen wird. Bei einer Verschiebung über den Nordpol des Elektromagnets ging die magnetische Fläche oberhalb der positiven Elektrode *AB* zur Glaswandung. Das positive Licht drängte sich zum anderen Ende *B* der Elektrode hin, wo es eine umgekehrt gewundene Spirale bildete, die wie im ersten Falle, ihr Licht nach oben hin ergofs (Fig. 21, Taf. II). In beiden Fällen ging, bei einer Commutation des Magnets die Spirale von dem einen Ende des Drahtes nach dem anderen, und beide Spiralen ergossen ihr Licht nach unten.

148. Als die Kugel um die aequatoriale Richtung so gedreht wurde, dafs diejenige Ebene, welche durch die beiden Elektroden ging, eine Neigung gegen den Horizont erhielt, so gab es immer eine einzige bestimmte parallele Verschie-

bung nach der axialen Richtung, bei welcher beide Elektroden derselben magnetischen Fläche angehörten. In dieser Lage verlor, wie früher (146), alles positive Licht sich in dieser Fläche.

149. Wenn wir von einer bestimmten Lage ausgehen und dann entweder die Kugel um ihren aequatorialen Durchmesser drehen, so daß die durch die beiden Elektroden gehende Ebene mehr oder weniger geneigt wird, oder auch die Kugel parallel mit sich selbst in dem einen oder andern Sinne nach axialer Richtung verschieben, so tritt dadurch die positive Elektrode auf der einen oder anderen Seite aus der magnetischen Fläche heraus. Dann kommt bei der doppelten Lage die positive Spirale an dem einen oder andern Ende der Elektrode zum Vorschein, wie dieses vor und nach einer Commutation der magnetischen Polarität stattfindet. Wenn die positive Elektrode von einer Seite der magnetischen Fläche auf die andere hinübertritt und zugleich die magnetische Polarität sich ändert, so bleibt die Spirale an demselben Ende der Elektrode, ist aber entgegengesetzt gewunden.

150. 4) *Die beiden Elektroden waren aequatorial gerichtet und lagen in der Aequatorialebene senkrecht übereinander.*

In diesem Falle ging eine gewölbeartige Fläche durch die negative Elektrode; die positive Elektrode blieb zwar ihrer ganzen Länge nach leuchtend, doch concentrirte sich das Licht besonders an dem einen Ende derselben, von wo es, nach der epibolischen Curve in der Aequatorialebene, auf der Glaswandung nach der negativen Elektrode sich hinzog. Diese epibolische Curve ging, sowohl bei einer Umkehrung der Stromrichtung, als auch bei einer Commutation der magnetischen Polarität, auf die entgegengesetzte Seite der Kugel hinüber. In dem Falle der Fig. 23, Taf. III ist die positive Elektrode oben. Die Ansicht ist von der Seite des Südpols her genommen.

151. 5) *Die beiden Elektroden waren senkrecht und die senkrechte Ebene in der sie lagen war die axiale.*

Die magnetische Lichtfläche ging durch beide Elektroden und füllte mit ihrem Lichte die Fläche des diese Elektroden enthaltenden größten Kreises bis auf einen kleinen Theil desselben aus, der durch die durch den untern Punkt der negativen Elektrode bestimmten magnetischen Curve abgeschnitten wurde. Am positiven Drahte zeigte sich kein besonderes Licht (Fig. 24, Taf. III). Die Erscheinungen beim parallelen Verschieben der Kugel nach axialer Richtung, so wie bei einer Drehung derselben um ihren verticalen Durchmesser waren früher beschriebenen ganz analog (149).

152. 6) *Die beiden Elektroden waren senkrecht und lagen in der Aequatorialebene.*

Die fast ebene magnetische Fläche füllte den kleineren Kugelkreis der die senkrechte negative Elektrode zum Durchmesser hat, mit ihrem Lichte fast gleichmäfsig aus. Das positive Licht ging von einem Ende der bezüglichen Elektrode zu dem entsprechenden Ende der anderen, den Lauf einer epibolischen Curve folgend, über. In dem Falle der Fig. 25, Taf. III, wo die magnetische Lichtfläche als Linie *AB* erscheint, ist die Kugel von der Seite des Südpoles her angesehen und die positive Elektrode *CD* ist rechts. Aus diesem Falle leiten sich alle übrigen ab.

153. Das positive Licht wird in dem Falle der Fig. 25, Taf. III auf der positiven Elektrode nach oben gedrängt und so zu der Glaswandung geleitet, dafs es in einer epibolischen Curve zur negativen Elektrode hingehen kann. Eine epibolische Curve ist hier *der einzig mögliche Weg* den das Licht nehmen kann, weil keine *freie* magnetische Curve die beiden Elektroden verbindet (79). Es entsteht hierbei die Frage, was dann geschehen würde, wenn die positive Elektrode, in deren obern Endpunkte das Licht zusammengedrängt wird, nicht bis zum Glase reichte sondern von unten her etwa nur bis zur halben Höhe in die Kugel hineinragte. Der Versuch wurde mit einer demgemäfs hergestellten Kugel gemacht. *Das Licht fluthete von dem freien Ende der positiven Elektrode in allen Richtungen zu der magnetischen Lichtfläche über* (Fig. 26, Taf. III).

Bei einer Commutation der magnetischen Polarität trat die epibolische Curve unten wiederum auf, gerade so wie in dem Falle der vorhergehenden Nummer, wo beide Elektroden ganz durchgingen (Fig. 27, Taf. III).

154. III. Kugel von gleicher Gröfse mit zwei durchgehenden Elektroden die gleich weit vom Mittelpunkte abstanden und deren Richtungen sich senkrecht kreuzten.

1) Die untere Elektrode AB war aequatorial die obere CD axial gerichtet. Als die untere Elektrode AB zur negativen genommen wurde ging durch dieselbe eine gewölbte magnetische Fläche, zu der von der oberen positiven Elektrode CD Licht in Bogen überströmte, die in dem Falle der Fig. 28, Taf. III, wo der Nordpol links liegt, nach vorne, in dem anderen Falle, wo der Nordpol rechts liegt, nach hinten gekehrt sind.

155. Nach einer Commutation der Stromrichtung war die durch die obere Elektrode gehende magnetische Fläche eine ebene, nach unten durch einen hellen Lichtbogen begrenzt, der über die untere positive Elektrode sich spannte. Das positive Licht wurde nach einem Endpunkte dieser Elektrode hingedrängt und zog sich von da nach einer epibolischen Curve an der Glaswandung bis zur Höhe der negativen Elektrode hinauf. Hauptsächlich von dieser epibolischen Curve, dann aber auch von dem ihr zunächst liegenden Theile der positiven Elektrode, der etwa ein Drittel der ganzen Elektrode betrug und leuchtend blieb, verbreitete sich das Licht fluthend nach der magnetischen Lichtfläche hin. In dem Falle der Fig. 29, Taf. III liegt der Südpol bezüglich links und nach vorne. Bei einer Commutation der magnetischen Polarität tritt die Erscheinung blofs von dem einen Drahtende A zum anderen B hinüber.

156. 2) Die untere Elektrode AB war axial, die obere CD aequatorial gerichtet.

Als die untere Elektrode AB zur negativen genommen wurde ging durch dieselbe eine ebene magnetische Fläche, welche nach unten und oben durch eine magnetische Curve begrenzt war. Senkrecht gegen diese Fläche und oberhalb

derselben befand sich die positive Elektrode, deren Licht sich nach einem Ende derselben hinzog und von da aus auf einer epibolischen Curve bis zur Höhe des unteren Drahtes sich senkte. Etwa von der Hälfte der positiven Elektrode vorzüglich aber von dem hellen epibolischen Lichtstrome fluthete das Licht zur convexen obern Begrenzung der magnetischen Fläche über. In der Fig. 30, Taf. III liegt der Südpol bezüglich links und nach vorne.

157. Nach einer Umkehrung der Stromrichtung ging eine gewölbeartige magnetische Fläche durch die obere Elektrode, und, bei dem genommenen Abstände der Pole, zugleich durch die Endpunkte der untern positiven Elektrode. Diese Punkte wurden in dem der Elektrode eigenthümlichen Lichte leuchtend. Im Uebrigen reducirte sich die Erscheinung auf die bloße magnetische Fläche (Fig. 31, Taf. III).

Der Mittelpunkt der Kugel wurde hierauf aus der Aequatorialebene auf eine der Polflächen verschoben. Dann schnitt die magnetische Fläche den positiven Draht in einem Punkte *E* der leuchtend wurde. Außerdem aber sammelte sich das Licht zu einer rundlichen Anhäufung in *G*. Durch eine Commutation der magnetischen Polarität änderte sich die Erscheinung in keiner Weise (Fig. 32, Taf. III).

157. 3) *Ein Draht war senkrecht, der andere aequatorial gerichtet.*

Als der senkrechte Draht der negative war schnitt die durch denselben gehende ebene magnetische Fläche die positive Elektrode in einem einzigen Punkt, der hell leuchtete, während der ganze übrige Theil derselben dunkel war. Eine Commutation der magnetischen Polarität änderte nichts (Fig. 33, Taf. III). Nach einer Aenderung der Stromrichtung schneidet die durch die aequatoriale Elektrode gehende gewölbeartige magnetische Fläche die senkrechte Elektrode in einem leuchtenden Punkte. Auch hier änderte eine Commutation der magnetischen Polarität nichts.

158. 4) *Eine Elektrode war senkrecht die andere axial gerichtet.*

Als die senkrechte Elektrode die negative war, zog sich

die ebene magnetische Fläche, einen kleineren Kugelkreis ganz ausfüllend durch dieselbe. Die axiale Elektrode war dieser Fläche parallel. In dem Falle der Fig. 34, Taf. III, wo der Südpol nach vorne lag, sammelte sich das ganze positive Licht, in der Mitte dieser Elektrode und verbreitete sich von da aus wie ein spiralförmig gewundenes Band (4 bis 5^{mm} breit), das vom Südpole angesehen dem Gange des Zeigers einer Uhr entsprechend sich öffnete und, von unten her, sich immer mehr verbreitend zur magnetischen Fläche sich hinzog.

Als die magnetische Polarität commutirt wurde, wodurch der Nordpol nach vorne trat, drängte sich das positive Licht nach den beiden Enden der axialen Elektrode hin und verbreitete sich von da in zwei schönen, anfänglich auf der Glaswandung liegenden, Spiralen nach dem Umfange der magnetischen Fläche, die unverändert dieselbe geblieben war. Die Spiralen waren umgekehrt gewunden als die bandförmige der vorigen Nummer und ergossen ihr Licht von oben her. Die schöne Erscheinung ist schwer durch eine Figur anzudeuten.

159. Als durch eine Commutation der Stromrichtung die senkrechte Elektrode zur positiven wurde, drängte sich das Licht nach oben oder nach unten und durchzog von dem jedesmaligen Endpunkte derselben aus in der aequatorialen Ebene eine helleuchtende epibolische Curve, welche sich, noch über die Ebene der magnetischen Fläche hinaus erstreckte. Von dieser Curve und der anliegenden, leuchtend bleibenden Hälfte der Elektrode fluthete das Licht in der Aequatorialebene zu der magnetischen Fläche über. In der Fig. 35, Taf. III ist die Kugel vom Nordpole her angesehen. Eine Commutation der magnetischen Polarität bringt die epibolische Curve nach unten.

160. Die unendlich mannichfaltigen und schönen Erscheinungen, die ich in dem Vorstehenden beschrieben habe, bestätigen einerseits sämmtlich die Gesetze, die ich über das Verhalten des *negativen Lichtes* unter der Einwirkung des

Magnets früher schon aufgestellt habe ¹⁾ und über die Bildung der magnetischen Lichtflächen, die sich in den obigen Versuchen bald als volle Kreisflächen, bald als Theile derselben, die durch eine oder zwei magnetische Curven begränzt sind, bald als gewölbeartige Flächen, bald als Flächen doppelter Krümmung darstellen, müßte ich nichts mehr hinzusetzen. Nur eine Beobachtung finde hier noch ihre Stelle, weil sie einen neuen Beweis liefert, daß das Licht, welches von jedem Punkte der negativen Elektrode ausgeht, den ihm von der durch diesen Punkt gehenden magnetischen Curve vorgeschriebenen Weg mit mathematischer Genauigkeit verfolgt. Die erleuchteten magnetischen Curven sind die Strahlen dieses Lichtes und wenn ein dunkler Gegenstand, von diesen krummlinigen Strahlen getroffen wird, so erhalten wir einen scharf begränzten, mathematisch bestimmten *Schatten*. Selbst die *positive Elektrode* wirft einen solchen Schatten, wenn sie die magnetische Licht-Fläche durchsetzt. Ist diese Lichtfläche insbesondere eine gewölbeartige, so tritt auf derselben ein dunkler Streifen von der Dicke der Elektrode auf, der sich, scharf begränzt, jenseits dieser Elektrode bis zur Glaswandung hinzieht. Die Begränzung dieses Streifens ist in solchen Fällen, wo die positive Elektrode in dem Punkte, in welchem sie die Fläche durchsetzt, ihr eigenthümliches Licht noch behält, was namentlich von der chemischen Natur der in der evacuirten Kugel zurückgebliebenen Gasspuren abhängt, weniger scharf.

161. Nach ganz anderen Gesetzen aber als das negative Licht folgt das *positive Licht* der Einwirkung des Magnets. Um die in dem Vorstehenden beschriebenen complicirten Erscheinungen, welche das Auftreten dieses Lichts begleiten unter einem einzigen Gesichtspunkte zusammenzufassen, genügt es, daß wir auf *den sich bildenden positiven Strom* die bekannten Gesetze über die Einwirkung des Magnets auf ein gegebenes Strom-Element übertragen.

162. Das positive Licht tritt, vor der Erregung des Elektromagnets, immer auf derjenigen Seite der bezüglichen

1) Siehe Ann. Bd. CIV, S. 622.

Elektrode auf, die der negativen Elektrode zugekehrt ist; in dem Falle zweier durchgehenden parallelen Elektroden als ein Längestreifen (140). Von hier aus findet die elektrische Entladung, welche nur in der Nähe der positiven Elektrode leuchtend ist, zur negativen hin statt. Von dieser geht gewissermaßen eine Anziehung aus und das erste Element des von einem positiven Strome beschriebenen Weges ist offenbar nach der negativen Elektrode gerichtet. Ohne störende Einwirkung ist dieser Weg, zwischen zwei Punkt-Elektroden wenigstens, eine gerade Linie ¹⁾).

163. Zur Bestimmung der Einwirkung des Magnets auf ein Strom-Element, wollen wir von der durch dieses Element gehenden magnetischen Curve ausgehen, und uns um diese Curve die Ampère'schen Strömungen, wie sie in den Magnetpolen, auf welche ihre Enden aufstehen stattfinden, fortgesetzt denken. Die volle magnetische Wirkung auf das Strom-Element tritt dann ein, wenn dieses senkrecht gegen die magnetische Curve gerichtet ist. Es wird in diesem Falle nach einer Richtung, welche der Richtung der Ampère'schen Ströme entgegengesetzt ist, um die magnetische Curve gedreht. Wenn das Element gegen die magnetische Curve geneigt ist, so erhalten wir die wirksame Kraft, wenn wir, statt desselben, seine Projection auf die gegen die Curve senkrechte Ebene nehmen. Die Kraft verschwindet, wenn das Element nach der magnetischen Curve gerichtet ist. (Fig. 36, Taf. III).

Das Element würde, wenn die Kraft des Magnets allein wirkte einen Kreis beschreiben dessen Mittelpunkt in die magnetische Curve fällt, wenn es blofs der stromerregenden

- 1) Es scheint, daß die Kraft, welche die positive Elektricität zu der negativen Elektrode hintreibt nicht, nach Analogie von Gravitations-Kräften, in dieser Elektrode ihren Ursprung und ihren Sitz hat, sondern daß sie zugleich durch die zwischenliegende ponderable Materie bedingt wird. Dafür spricht insbesondere auch die große Leichtigkeit, mit welcher die elektrische Entladung von einer Elektrode aus, ohne sich um die andere zu kümmern, in eine enge laterale Röhre hineingezogen wird, wobei offenbar nur eine inducirende Wirkung der innern Glaswandung das Bedingende ist. (60).

Kraft folgte, eine gerade Linie. Die aus beiden Bewegungen resultirende ist, im Allgemeinen, eine *spiralförmige*.

164. Das erste magnetische Strom-Element ist an die positive Elektrode gebunden und, vor der magnetischen Erregung, der negativen Elektrode zugewandt. Die eben bezeichnete magnetische Kraft kann dasselbe, wenn die positive Elektrode kein bloßer Punkt ist, sondern eine beliebige Linie, der Länge dieser Linie nach *verschieben*. Es würde keine solche Verschiebung stattfinden, wenn die positive Elektrode die Form einer magnetischen Curve hätte, weil dann die magnetische Kraft immer senkrecht gegen diese Curve wirken würde. Aus demselben Grunde findet eine Verschiebung nach der Elektrode auch dann nicht statt, wenn das erste Strom-Element und die bezüglichen Elemente der Elektrode und der magnetischen Curve in ein und derselben Ebene liegen. Wenn aber die Richtung, nach welcher die magnetische Kraft auf das erste Strom-Element wirkt, schief gegen die positive Elektrode gerichtet ist, so können wir diese Kraft auf diese Elektrode projectiren, um diejenige Kraft zu erhalten, welche das Strom-Element auf derselben parallel mit sich selbst verschiebt. Die Richtung dieser Verschiebung kehrt sich um, wenn die negative Elektrode auf die entgegengesetzte Seite der positiven hinübertritt, wobei der Sinn der Windungen der spiralförmigen Bewegung unverändert bleibt. Auch nach einer Commutation der magnetischen Polarität kehrt sich die Richtung der Verschiebung um, hier aber gleichzeitig mit dem Sinne der Windungen. Wenn die positive Elektrode einen einzigen Punkt hat, in welchem die magnetische Kraft senkrecht gegen dieselbe gerichtet ist, so sammelt sich entweder in diesem Punkte das Licht von beiden Seiten her, oder es geht von diesem Punkte aus nach beiden Seiten zu den Endpunkten der Elektrode hin. Wenn ein solcher Punkt nicht vorhanden ist, wird alles positive Licht nach demselben Ende der Elektrode zur Glaswandung gedrängt. Wenn sich in diesem letzteren Falle, insbesondere eine epibolische Curve vorfindet, die das Licht von

dem Endpunkte der positiven Elektrode zu einem Endpunkte der negativen überführt, so folgt es dieser in ruhigem Strome. Im Allgemeinen ist aber auch hier die Bewegung eine spiralförmige, die sich zuletzt in ein Ueberfluthen auflöst.

165. Die normalen Spiralen treten in den Fällen der Fig. 13 bis 16, Taf. II und in dem Falle der Fig. 34, Taf. III mit seinen coordinirten Fällen am meisten hervor. In den Fig. 13_a, 14_a, 15_a, 16_a und 34_a ist durch irgend einen Punkt *M* der positiven Elektrode die magnetische Curve *NS* gelegt. In allen Fällen ist das erste Strom-Element (nahe) senkrecht gegen diese Curve gerichtet, nach vorne in den Fällen von Fig. 13_a und 14_a, nach hinten in den Fällen von Fig. 15_a, 16_a und 34_a die auf dasselbe wirkende magnetische Kraft fällt also in die Ebene der magnetischen Curve, nach *MP*. In den Fällen 15_a, 15_a, 34_a treibt diese Kraft das erste Strom-Element, parallel mit sich selbst, nach der Mitte der Elektrode hin, wo sich in den beiden ersten Fällen zwei durch einen nicht erleuchteten schmalen Streifen getrennte freie Spiralen bilden, in dem dritten Falle eine einzige schöne bandförmige Spirale. In der Mitte wirkt die magnetische Kraft *MP* in sämtlichen Fällen senkrecht gegen die Elektrode und bringt keine Verschiebung hervor (Fig. 34_a). In den Fällen 13_a und 16_a, treibt die magnetische Kraft *MP* jedes erste Strom-Element nach dem zunächst liegenden Ende der Elektrode hin; die Spiralen an den beiden Enden werden gegen die Glaswandung gedrückt.

In allen Fällen war die positive Elektrode durch eine dunkle Stelle von dem eine Spitze bildenden Anfange der Spiralen getrennt und diese breiteten sich immer mehr und mehr aus ohne indeß ihr Licht mit dem Lichte der magnetischen Fläche zu vermischen.

166. Das positive Licht wird in den vier Fällen der Fig. 21, 22, 23 und 25 nach einem einzigen Ende der bezüglichen Elektrode hingedrängt und fließt von da in einer epibolischen Curve ruhig zu dem entsprechenden Ende der negativen Elektrode über. In den auf die drei ersten Fälle sich beziehenden Figuren 21_a, 22_a und 23_a ist *M* irgend ein

Punkt der auf der Ebene des Papiers senkrechten positiven Elektrode und *NS* wiederum die durch diesen Punkt gehende magnetische Curve. Die Richtung des ersten Strom-Elements liegt in der Ebene der Curve und ist *MR*. In den Fällen 21_a und 22_a, wo es nicht schon auf dieser Curve senkrecht steht, ist es, nach dieser Curve senkrecht zerlegt, *MR'*. Die magnetische Kraft, die wir früher *MP* genannt haben, wirkt in allen Fällen senkrecht gegen die Ebene der Curve und des Strom-Elements, also nach der Richtung der positiven Elektrode, in den Fällen 21_a und 23_a nach vorne, in dem Falle 22_a nach hinten. In dem vierten Falle auf welchen Fig. 25_a sich bezieht, ist *CD* die positive Elektrode und *M* ein Punkt derselben, durch welchen die magnetische Curve *NS* geht, das erste Strom-Element *MR* ist nach hinten gerichtet, nach der parallelen negativen Elektrode, die magnetische Kraft *MP* nach oben, so daß alles positive Licht nach dem Elektroden-Endpunkt *G* getrieben wird.

167. Ein Fall, in welchem das positive Licht nach einem Endpunkte der bezüglichen Elektrode hingedrängt wird, hier aber keine epibolische Curve findet, die es bis zur negativen Elektrode hin leiten könnte, was ein schließliches Ueberfluthen zur nothwendigen Folge hat, ist unter andern der Fall der Doppelfigur 29, Taf. II. In der zugehörigen Fig. 29_a ist *CD* die negative Elektrode, die positive *AB* steht senkrecht auf der Ebene des Papiers, in dem Punkte *M*, den Endpunkt *A* nach oben gerichtet. Alle ersten Strom-Elemente *MR* liegen offenbar in derjenigen Ebene, die durch die positive Elektrode und durch die Mitte der negativen geht; da diese Ebene alle durch die positive Elektrode gehenden magnetischen Curven rechtwinklig schneidet, liegen in ihr ebenfalls die auf die ersten Strom-Elemente *MR* wirkenden magnetischen Kräfte *MP*. Das erste Strom-Element *MR* ist immer, wo auch der Punkt *M* angenommen werden mag, der negativen Elektrode zugekehrt, und dabei, je nachdem dieser Punkt oberhalb der Mitte der positiven Elektrode oder unterhalb derselben liegt,

zugleich nach unten oder nach oben gerichtet. Die auf MR senkrechte magnetische Kraft MP ist immer nach oben gerichtet und drängt somit alles positive Licht nach dem oberen Elektroden-Endpunkte A . Auf die nach oben gedrängten ersten Strom-Elemente ist die magnetische Kraft MP zugleich der negativen Elektrode zugekehrt. Darin liegt die vollständige Erklärung der Erscheinung, dafs nicht nur von der epibolischen Curve BE aus, sondern auch von dem leuchtend bleibenden anliegenden Theile der Elektrode selbst Licht überfluthet.

168. Wenn in dem Falle, dafs das positive Licht von einem einzigen Punkte aus sich ergieft, die durch diesen Punkt gehende *magnetische Curve*, in dem Falle, dafs das positive Licht von allen Punkten einer tiefer in die Kugel hineinreichenden Elektrode ausgeht, die durch diese Elektrode gehende *magnetische Fläche*, der *negativen Elektrode begegnet*, so geht das positive Licht in das Licht der Curve oder Fläche auf. Man möchte sagen, dem unter dem Conflict verschiedener Kräfte seinen Weg suchenden positiven Lichte wird dieser Weg durch das negative Licht, das den seinigen auf magnetischen Curven unmittelbar findet, angebahnt. (Fig. 7, 8, 17, 18 Taf II u. Fig. 24, 31, 32, 33 Taf. III.)

169. Wenn in dem Falle von parallelen durchgehenden Elektroden die beiden entsprechenden magnetischen Flächen in der durch dieselben gehenden Ebene fallen und überdiets die positive Elektrode von der der negativen Elektrode entsprechenden leuchtenden magnetischen Fläche *nicht* geschnitten wird, so liegen die ersten Strom-Elemente sämmtlich in dieser Ebene, und die gegen die Elektrode immer senkrecht gerichtete magnetische Kraft bringt auf dieser keine Verschiebung jener Strom-Elemente hervor, so dafs eine etwaige Ansammlung des positiven Lichtes an bestimmten Stellen fremden Ursachen, namentlich einer Erwärmung des Drahtes und einer Annäherung der magnetischen Lichtfläche an denselben zuzuschreiben ist. Der positive Strom, dessen erstes Element senkrecht gegen die Ebene der beiden Elektroden abgestofsen wird, geht ohne

eine Spirale zu bilden auf der einen oder anderen Seite dieser Ebene, immer mehr sich ausbreitend, in einem Bogen zu der negativen Elektrode hinüber. (Fig. 19, Taf. II.)

Wenn, in dem Falle gekreuzter Elektroden, die magnetische Fläche, welche durch die positive Elektrode geht, eine ebene Fläche ist, die zugleich durch die Mitte der negativen Elektrode geht und überdies die durch die letztgenannte Elektrode gehende leuchtende magnetische Fläche die positive Elektrode nicht schneidet, so findet ein ganz analoges Verhalten des positiven Lichtes statt, das auch hier in Bogen auf der einen oder anderen Seite der oben bestimmten Ebene überströmt. (Fig. 28, Taf. III.)

170. Aus der Gesamtheit der bisherigen Beobachtungen gewinnen wir bis jetzt über den Vorgang der elektrischen Entladung in unseren gasverdünnten Räumen die folgenden allgemeinen Anschauungen. Die positive Elektrizität ist es, die hier den Weg bis zur negativen Elektrode macht: an dieser Elektrode hat die Ausgleichung der beiden Elektrizitäten, chemische Wirkung und Wärme-Entwicklung zur Folge, und hierin wiederum liegt wahrscheinlich der Grund zur Bildung der durch die negative Elektrode gehenden magnetischen Lichtfläche. Die Gesetze, nach welchen der Magnet auf ein Strom Element, das an einen metallischen Leiter gebunden ist, wirkt, findet unmittelbare Anwendung auf das freie Element des Entladungsstromes und bestimmt so die Bahn dieses Stromes. Die in den Kugeln oder Röhren zurückgebliebenen Gas-spuren sind die alleinigen Träger des Stromes, und geben sich in der Analyse durch das Prisma in schönster Weise kund, die mit Bestimmtheit nachweist, dafs keine von den Elektroden übergeführte Partikel der Elektroden der Grund des Leuchtens des Stromes sind. Das sogenannte negative Licht, welches sich unter der Einwirkung des Magnets zu magnetischen Flächen zusammenlegt, unterscheidet sich von dem positiven Lichte wahrscheinlich dadurch, dafs es in sich zurückkehrende Ströme bildet, und nicht blofs die Spuren des jedesmaligen Gases, sondern auch andere ponde-

table Materie zu Trägern hat. Letzteres ist uns durch die vorläufige Analyse des Spectrums bereits angezeigt.

171. Es ist nicht zu übersehen, dafs ich hier nur von der elektrischen Entladung in solchen Kugeln oder Röhren gesprochen habe, die so weit evacuirt sind, als es überhaupt durch eine gute Luftpumpe geschehen kann. Unter anderen Verhältnissen treten ganz andere Erscheinungen auf. Wenn wir *einerseits* zur Darstellung eines vollkommeneren Vacuums auch noch chemische Mittel, die zum Theil durch den Entladungsstrom selbst geboten sind, zur Anwendung bringen, so erlischt allmählich der Strom. Ich erwähne hier zweier Kugeln mit Elektroden von Messing, die eine ursprünglich mit schwefeliger Säure, die andere mit Bromdampf gefüllt. Nachdem das Licht im Innern der Kugel kaum mehr sichtbar war, trat die schöne *grüne* Färbung des Glases (diese Färbung ist in dem Falle von bleihaltigem Glase eine *blaue*) immer mehr hervor und verbreitete sich gleichmäfsig über die ganze Kugel ¹). Unter der Einwirkung des Magnets zog sich das grüne Licht an denjenigen Stellen zusammen, in welchen die durch die negative Elektrode gehenden magnetischen Flächen auf der inneren Glaswandung aufstanden. Auch Spiralen des positiven Lichtes zeichneten sich sehr bestimmt in grünem Lichte auf dieser Glaswandung. Auch nachdem das grüne Licht, das wie ein Schleier sich über die ganze Kugel verbreitete, durch den Magnet sich auf einzelnen Stellen concentrirt hatte, erschien das Licht im Innern der Kugel immer noch sehr blafs.

Das sämmtliche Licht verschwand vollständig, wenn man die Kugel mit der Hand anfasste; es verschwand zuweilen auch, wenn die Kugel auf dem Elektromagnet auflag, sobald dieser erregt wurde.

172. Wenn *andererseits* das Gas in der Kugel allmählich dichter wird, so nimmt die Ausbreitung des elektrischen

1) Mannichfaltige Beobachtungen von Erscheinungen dieser Art, die, wie ich nun nicht mehr zweifle, der Fluorescenz des Glases zuzuschreiben sind, bleiben einer besonderen Mittheilung vorbehalten.

Lichtes in derselben immer mehr zu. Das negative Licht tritt an derjenigen Stelle seiner Elektrode auf, die der negativen Elektrode zugekehrt ist, und kommt dem positiven Lichte, das den ganzen Weg zurücklegt, nur wenig entgegen, ohne sich mit demselben zu vermischen. Der Magnet hat nicht Kraft genug, um das negative Licht zu einer magnetischen Lichtfläche auszubreiten. Seine Einwirkung auf das positive Licht bietet Erscheinungen dar, die von den seither beschriebenen sich dadurch wesentlich unterscheiden, daß das Licht sich weniger zerstreut. Nehmen wir beispielsweise den Fall der Fig. 34, Taf. III, so verschwindet die violette Beleuchtung des Verticalkreises und die frühere Spirale, die eine bandförmige war und zuletzt in ein Ueberfluthen des Lichtes sich auflöste, erhielt ein Ansehen, das eine überraschende Aehnlichkeit mit der Erscheinung eines Kometen darbot, dessen Schweif bei einer Lagenänderung gegen den Magnet hin- und hergeworfen wurde ¹⁾. Wenn die Dichtigkeit des Gases in der Kugel zuzunehmen fortfährt, so entsteht bald der gewöhnliche Davy'sche Lichtbogen, der einer Ablenkung durch den Magnet immer mehr Widerstand entgegensetzt.

173. Die Erscheinung eines solchen Lichtbogens in immer dichter werdendem Gase complicirt sich durch die allmählich eintretende Ueberführung des Metalles der Elektroden. Die Grundlage einer vollständigen Analyse derselben bildet die Untersuchung seines Spectrums. Schon Hr. Ångström hat ²⁾, bevor ich die reinen und normalen Spectra verschiedener stark verdünnter, im elektrischen Strome leuchtend werdender Gase erhalten hatte, die merkwürdige Thatsache erkannt, daß wenn der Davy'sche Bogen in verschiedenen Gasen von gewöhnlicher Dichtigkeit

1) Wenn, worauf man in neuester Zeit von verschiedenen Seiten zurückkommt, die Erscheinung des Schweifes eines Kometen eine elektrische seyn sollte, so fände man hier vielleicht die Art und Weise veranschaulicht, wie das elektrische Licht auftritt und unter den mannichfaltigsten Modificationen magnetischen Kräften gehorcht. Doch fehlt einstweilen noch jede physikalische Basis für eine solche Erklärung.

2) Pogg. Ann. Bd CIV, S. 141.

hergestellt wird, in dem Spectrum derselben *gleichzeitig* das übergeführte Metall der Elektrode und das jedesmalige Gas sich kundgiebt. In einer folgenden Mittheilung werde ich die von mir in einer früheren nach neuen Gesichtspunkten eingeleitete Frage der elektrischen Spectra wieder aufnehmen, und würde dies bereits schon gethan haben, wenn nicht bei der vielseitigen Wichtigkeit der Frage genaue Messungen unumgänglich nothwendig geworden wären.

Bonn, den 24. December 1858.

IV. *Neue Beiträge zur Volumentheorie;* *von H. Schröder.*

III. Ueber einige einfache Beziehungen der Atomvolumen der Elemente.

106. **E**he ich auf einige mit dem so häufig vorkommenden Parallelosterismus isomorpher Verbindungen zusammenhängende theoretische Betrachtungen eingehe, muß ich zunächst die Atomvolumen der Elemente und einige einfache Beziehungen derselben darlegen.

Ich stelle im Folgenden die beobachteten specifischen Gewichte s , die wahrscheinlichsten Werthe derselben nach Maafsgabe der Beobachtung und die hieraus abgeleiteten Atomvolumen v der Elemente zusammen. In Betreff meiner eigenen Messungen habe ich nur das in 1 bis 11 Gesagte zu wiederholen. Die Atomgewichte sind die in Liebig's und Kopp's Jahresbericht für 1857 zu Grunde gelegten. Wenn ich von denselben abweiche, gebe ich es ausdrücklich an. Ich stelle nur diejenigen Elemente zusammen, deren Volumen mit einiger Sicherheit bekannt sind. Nicht sowohl eine vollständige Sammlung, als vielmehr die Benutzung aller guten Bestimmungen habe ich mir zur Aufgabe gemacht.

A. Nichtmetallische Elemente.

107. Bor. B. Atom = 10,9. Krystallisirtes Bor, isomorph mit Zinn, härter als Corund, 2 bis 4 Proc. Kohlenstoff enthaltend, hat nach Wöhler und Deville $s = 2,68$ und hiemit $v = 4,07$.

108. Kohlenstoff. C. Atom = 6.

a) Diamant von regulärer Krystallform. Die mir bekannt gewordenen Dichtigkeitsbestimmungen sind: $s = 3,334$ Shepard; 3,492 Grailich; 3,52 Mohs; 3,55 Brisson. Im Mittel $s = 3,47$ und hiemit $v = 1,73$.

b) Graphit. Für natürlichen Graphit ist $s = 2,14$ Fuchs; 2,14 Breithaupt; 2,229 Kennigott; 2,273 Regnault. Für Graphit aus dem Hohofen ist $s = 2,33$ Karsten; für Graphitpulver, von Brokedon comprimirt, $s = 2,316$ Poggendorff, und die letztere Dichtigkeit ist nach Poggendorff's Angabe wahrscheinlich noch etwas zu klein. Als wahrscheinlichsten Werth nehme ich den größten beobachteten an: $s = 2,33$ und hiemit $v = 2,57$.

Die spezifische Wärme des Kohlenstoffes fordert jedoch die Verdoppelung seines Atomgewichts, wie Regnault (diese Ann. Bd. 77, S. 99 u. ff.) nachgewiesen hat. Ich hatte schon 1840 (diese Ann. Bd. 50, S. 566) die aus der Relation der Atomvolumen entnommene Vermuthung ausgesprochen, daß das Atom des Kohlenstoffes zu verdoppeln sey. Hiernach hat Kohlenstoff als Diamant oder ${}^d\text{C}_2$ das Volum $v = 3,5$ und als Graphit oder ${}^g\text{C}_2$ das Volum $v = 5,1$.

109. Silicium. Si. Wenn Kieselsäure = Si O_2 ist das Atom = 14. Metallglänzende Krystallblätter, härter als Glas, wahrscheinlich von regulärer Krystallform, haben $s = 2,490$, bei 10° , Wöhler; 2,493 Harmening. Mit dem Werthe $s = 2,49$ ist $v = 5,6$.

110. Schwefel. S. Atom = 16.

a) Rhombischer gelber Schwefel. Für den künstlich dargestellten ist $s = 2,045$ Marchand und Scheerer; 2,063 und 2,07 Ch. Deville. Für den natürlichen ist $s = 2,066$ Marchand und Scheerer; 2,070 Ch. Deville;

2,069 Kopp. Für Schwefelblumen ist $s = 2,086$ Le Royer und Dumas. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 2,07$ ist $v = 7,7$.

b) Monoklinometrischer brauner Schwefel. Für ihn ist $s = 1,982$ Marchand und Scheerer; $s = 1,958$ Deville. Im Mittel $s = 1,970$ und hiemit $v = 8,1$.

111. Selen. Se. Atom = 40.

a) Aus einer Lösung von Selennatrium, krystallinisch körnig: $s = 4,760$ bis $4,788$, bei 15° , Mitscherlich; langsam erkaltet: $s = 4,796$ bis $4,805$ Schaffgotsch; $s = 4,808$ Hittorf. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 4,79$ ist $v = 8,3$ bis $8,4$.

b) Aus Schwefelkohlenstoff krystallisirt, löslich, hat es $s = 4,46$ bis $4,509$ Mitscherlich. Im Mittel $s = 4,585$ und hiemit $v = 8,7$.

c) Rasch erkaltet, amorph, hat es $s = 4,276$ bis $4,286$ Schaffgotsch; blutroth amorph $s = 4,245$ bis $4,275$ Schaffgotsch. Mit dem mittleren Werthe $s = 4,27$ ist $s = 9,3$ bis $9,4$.

112. Phosphor. P. Atom = 31.

a) Regulärer, gewöhnlicher, $s = 1,77$ Berzelius; $1,826$ Kopp; $1,826$ bis $1,840$ Schrötter; $1,896$ Böckmann; $2,033$ Fourcroy; $2,089$ Böttger. Mit Ausschluss des größten, und kleinsten Werthes ist das Mittel $s = 1,897$ und $v = 16,3$.

b) Amorphor Phosphor. In compacten Massen ist $s = 2,089$ bis $2,106$ Schrötter; $2,14$ Brodie. Im Mittel $s = 2,097$ und $v = 14,8$.

113. Jod. J. Atom = 127. Es hat $s = 4,948$, bei 17° , Gay-Lussac, und hiemit $v = 25,7$.

B. Metalle der Alkalien.

114. Lithium. Li. Atom = 7,0 Dumas. Das galvanisch reducirte gab $s = 0,589$ bis $0,598$ Bunsen und Matthiessen. Im Mittel $s = 0,593$ und $v = 11,8$. Mit Rücksicht auf die spezifische Wärme ist jedoch das Atom des Lithiums, wie des Natriums, Kaliums und Silbers zu halbiren, und jedenfalls muß dies geschehen, wo es sich

um eine Vergleichung der Atomvolumen der Elemente handelt. Für $\frac{1}{2}$ Li ist daher $v = 5,9$.

115. Natrium. Na. Atom = 23. Für Natrium ist $s = 0,935$ H. Davy; 0,972, bei 15°, Gay-Lussac und Thenard. Ich fand $s = 0,981$ und 0,988. Im Mittel ist $s = 0,964$ und $v = 23,9$. Für $\frac{1}{2}$ Na ist $v = 11,9$.

116. Kalium. K. Atom = 39,2. Für K ist $s = 0,865$ Gay-Lussac und Thenard, und hiemit $v = 45,3$. Für $\frac{1}{2}$ K ist demnach $v = 22,6$.

C. Metalle der alkalischen Erden.

117. Magnesium. Mg. Atom = 12. Nach Dumas ist das Atom 12,5. Für aus Chlormagnesium durch Kalium reducirtes ist $s = 1,69$ bis 1,71, bei 17°, Kopp; für galvanisch reducirtes ist $s = 1,743$, bei 5°, Bunsen; für mit Natrium reducirtes ist $s = 1,75$ H. Deville und Caron. Mit diesem letzteren an größeren Quantitäten gemessenen Werthe ist $v = 6,9$, und mit Zugrundelegung des von Dumas angegebenen Atomgewichtes $v = 7,1$.

118. Calcium. Ca. Atom = 20. Für galvanisch reducirtes fanden Bunsen und Matthiessen in drei Versuchen $s = 1,566$, 1,584 und 1,584. Im Mittel $s = 1,578$ und $v = 12,7$.

119. Strontium. Sr. Atom = 43,8. Für galvanisch reducirtes erhielten Bunsen und Matthiessen $s = 2,504$ bis 2,580. Im Mittel $s = 2,542$ und hiemit $v = 17,2$.

D. Metalle der Erden.

120. Beryllium. Be. Atom = 4,7, wenn Beryllerde = BeO. Débray fand $s = 2,1$, und hiemit ist $v = 2,2$. Ist wohl noch nicht gut festgestellt.

121. Aluminium. Al. Atom = 13,7. Für kleine Mengen fand Wöhler $s = 2,50$ bis 2,67. Für das gehämmerte und gewalzte ist $s = 2,67$ Deville. Mit diesem letzteren Werthe ergibt sich $v = 5,1$.

E. Reguläre Schwermetalle und ihnen zunächst verwandte.

122. Nickel. Ni. Atom = 29,5 Dumas. Geschmolzenes hat $s = 8,637$ Brunner; geschmiedetes $s = 8,666$

Richter; 8,82 Tupper; 8,932 Turte. Reiner Nickel-
draht, von H. Deville dargestellt, hat $s = 8,880$, bei 4° ,
Arndtsen. Ein Theil eines von Wöhler dargestellten
Regulus aus der L. Gmelin'schen Sammlung, den ich durch
Hofrath Bunsen's Güte erhielt, in kleine Pulverstücke
zertheilt und gehämmert, gab mir durch Kochen in Ter-
pentin $s = 8,900$. Mit diesem so wie mit dem von Arndt-
sen gemessenen Werthe ist $v = 3,32$.

123. Cobalt. Co. Atom = 29,5. Die vorliegenden
Angaben sind $s = 8,485$ Brunner; 8,513 Berzelius;
8,538 Tassaert und Haüy. Im Mittel $s = 8,512$ und
 $v = 3,47$.

124. Eisen. Fe. Atom = 28. Reinstes weiches Stabeisen
hat $s = 7,79$ Karsten. Durch Schmelzen mit Hammerschlag
gereinigtes $s = 7,839$ Broling. Durch Reduction mittelst
Wasserstoff dargestelltes, fein vertheiltes $s = 7,998$ bis 8,007
Schiff. Reinere Sorten nickelhaltigen Meteoreisens und
zwar von Agram $s = 7,82$ Rumler; von Arva in Ungarn
 $s = 7,814$ Patera; vom Red River in Louisiana $s = 7,82$
Rumler. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 7,84$
ist $v = 3,57$. Mit der Karsten'schen Bestimmung ist v
 $= 3,60$.

125. Mangan. Mn. Atom = 27,5. Es hat $s = 7,0$
Hjelm; $s = 7,138$ bis 7,206 Brunner; 8,013 John. Es
ist demnach $v = 3,5$ bis 3,9; wahrscheinlich gleich dem
Volum des Eisens.

126. Kupfer. Cu. Atom = 31,7. Marchand und
Scheerer fanden für das natürliche krystallisirte $s = 8,94$;
für das galvanisch niedergeschlagene 8,914; für das ge-
schmolzene und erstarrte reine 8,921; für ungeglühten Draht
8,939 bis 8,949; für geglühten Draht 8,930; für plattge-
schlagenen Draht 8,951; für gewalztes und geschmiedetes
Blech 8,952 u. s. f. Galvanisch reducirtes Kupfer, in Strei-
fen geschnitten, gab mir in Steinöl durch Kochen $s = 8,952$;
nach dem Aushämmern $s = 8,958$. Das specifische Gewicht
vollkommen dichten Kupfers ist daher $s = 8,95$ und hie-
mit $v = 3,54$.

127. Iridiumplatin. Ir_4Pt . Atom = 494,7. Sogenanntes gediegenes Iridium vom Ural hat $s = 21,85$ bis $22,65$ und $22,8$ G. Rose; $23,5$ bis $23,6$ Breithaupt. Für $s = 22,8$ bis $23,6$ ergibt sich $v = 21,0$ bis $21,7$, und auf Ein Atom bezogen für $\frac{1}{5}(\text{Os}_4\text{Ir})$ ist $v = 4,2$ bis $4,3$.

128. Platin. Pt. Atom = 98,7. Für gehämmertes ist $s = 20,857$ Clarke; $20,98$ Borda; $21,061$ Sickingen; $21,25$ Faraday und Stodart; $21,45$ Berzelius; $21,74$ Klaproth; $23,543$ Cloud. Mit dickem Draht wurde erhalten $s = 21,4$ Wollaston; mit sehr feinem Draht $21,5$ Wollaston. Durch Schmelzen in Kalk sehr rein dargestelltes Platin hat $s = 21,15$ Deville und Dèbray. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 21,4$ ist $v = 4,61$.

129. Palladium. Pd. Atom = 53,3. Das geschmolzene und erstarrte hat $s = 11,04$ Cloud; $11,3$ Cock; $11,3$ bis $11,8$ Wollaston; das gehämmerte hat $s = 11,8$ Cock; $11,852$ Lampadius; $12,0$ Vauquelin; $12,148$ Lowry. Das Mittel der Messungen an gehämmertem ist $s = 11,95$ und $v = 4,47$. Geschmolzen ist es nach dem Erstarren hämmerbar und weich und wahrscheinlich in der regulären Modification. Es krystallisirt hexagonal.

130. Cadmium. Cd. Atom = 56. Nach dem Schmelzen und Erstarren hat es $s = 8,604$ Stromeyer; $8,63$ Kopp; $8,636$ Karsten; $8,67$ Children; $8,677$ Hera-path. Gehämmert hat es $s = 8,694$ Stromeyer. Von Matthiessen rein dargestelltes, welches mir durch Hofrath Bunsen's Güte übergeben wurde, gab mir nach dem Schmelzen und Erstarren in Steinöl $s = 8,540$ und $8,566$ in verschiedenen Proben; gehämmert und in Streifen geschnitten $s = 8,667$. Für käufliches, geschmolzen und erstarrt, fand ich $s = 8,648$. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 8,67$ ist $v = 6,46$.

131. Blei. Pb. Atom = 103,5. Es ist $s = 11,331$ Kupffer; $11,351$ Brisson; $11,358$ Morveau. Das möglichst reine hat $s = 11,389$ Karsten; $11,445$ Berzelius. Für das gehämmerte ist $s = 11,388$ Morveau. Geschmolzen und langsam erkaltet zeigte es $s = 11,254$; rasch er-

kaltet 11,363 Ch. Deville. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 11,38$ ist $v = 9,10$.

132. Silber. Ag. Atom = 108. Für galvanisch reducirtes ist $s = 10,53$ Joule und Playfair. Nach dem Schmelzen und Erstarren unter Kochsalz $s = 10,505$ G. Rose; des auf der Münze geprefsten $s = 10,55$ Baudrimont; 10,567 G. Rose. Für $s = 10,55$ ist $v = 10,24$. Soll das Silber-volum mit dem Volum anderer Metalle verglichen werden (114), so muß jedoch das Atom halbirt werden. Für $\frac{1}{2}$ Ag ist daher $v = 5,12$.

133. Gold. Au. Atom = 197. G. Rose fand für das für sich geschmolzene nach dem Erstarren $s = 19,273$ bis 19,293; für das unter Borax und kohlsaurem Natron geschmolzene und erstarrte $s = 19,275$ bis 19,315; für das auf der Münze geprefste 19,320 bis 19,330; für das geschmolzene und nach dem Erstarren auf der Münze geprefste 19,334. Für $s = 19,32$ ist $v = 10,20$.

F. Rhomboëdrische Schwermetalle.

134. Zink. Zn. At. = 32,7 Dumas. Für das geschmolzene und erstarrte ist $s = 6,861$ Brisson; 6,915 Karsten; 6,966 und 6,975, bei 12°, Schiff; 7,03 bis 7,20 Bolley; 7,24 Böckmann. Für das gewalzte käufliche ist $s = 7,191$ Brisson. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 7,20$ ist $v = 4,55$.

135. Osmium-Iridium.

a) Osmiumreichstes Osmium-Iridium. $Os_4 Ir$. Atom = 497,4. Das von Nischne Tagil hat $s = 21,118$ G. Rose; das von Sissersk in Sibirien $s = 22,23$ Breithaupt. Mit diesen beiden Werthen ergibt sich $v = 22,4$ bis 23,6, und auf Ein Atom bezogen, hat $\frac{1}{5} (Os_4 Ir)$ das Volum $v = 4,5$ bis 4,7.

b) Osmium-Iridium. $Os Ir$. Atom = 198,6. Das gewöhnlichste Sibirische hat $s = 19,25$ Berzelius. Das krystallisirte von Newiansk hat $s = 19,386$ G. Rose. Für $s = 19,3$ ist $v = 10,29$, und auf Ein Atom bezogen ist für $\frac{1}{2} (Os, Ir)$ das Atomvolum $v = 5,14$.

136. Iridium. Ir. Atom = 99. Für Iridiumschwamm

ist $s = 15,86$ Berzelius. Das im Knallgasgebläse geschmolzene und erstarrte hat $s = 15,93$ Bunsen. Bunsen hält dieß specifische Gewicht, weil der Regulus blasig ist, wahrscheinlich noch für etwas zu klein. Mit dem letzteren Werthe ergibt sich $v = 6,21$. Krystallform unbekannt.

137. Tellur. Te. Atom = 64. Die Angaben sind $s = 6,180$ Löwe; 6,245 Berzelius; 6,343 Reichenstein. Der Regulus ist leicht blasig. Mit Ausschluss der Löwischen Bestimmung ist im Mittel $s = 6,294$ und hiemit $v = 10,17$.

138. Arsen. As. Atom = 75. Es ist $s = 5,628$ Karsten; 5,672 Herapath; 5,76 Lavoisier; 5,70 Guibourt. Das Mittel ist $s = 5,69$ und hiemit $v = 13,2$.

139. Antimon. Sb. Atom = 122 (Dexter, Dumas). Es ist $s = 6,701$ Karsten; 6,702 Brisson; 6,715 Hatschett; 6,715 Marchand und Scheerer; 6,723 Böckmann; 6,70 bis 6,705 Dexter. Durch Reduction von basischem Antimonchlorür mittelst Cyankalium dargestellt, gab mir der gepulverte Regulus durch Kochen in Steinöl $s = 6,697$. Im Mittel ist $s = 6,708$ und $v = 18,2$.

139. Wismuth. Bi. Atom = 214 Dumas. Gereinigtes Wismuth hat $s = 9,654$ Karsten; 9,799, bei 19° , Marchand und Scheerer. Rasch erkaltetes hat $s = 9,677$ Ch. Deville; langsam erkaltetes 9,935 Ch. Deville. Für käufliches ist $s = 9,822$ Brisson; 9,833 Herapath; 9,861 Bergmann. Wismuthoxyd, durch Glühen von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd rein dargestellt, wurde durch Schmelzen mit Cyankalium reducirt. Für den ganzen Regulus fand ich in Terpentin $s = 9,759$. In der Achatreibschale gepulvert und gedrückt, gab mir das Pulver durch Kochen in Terpentin $s = 9,701$ und 9,680. Die erstere Bestimmung ist wohl die bessere, da die beiden letzten mit zu kleinen Quantitäten ausgeführt wurden. Für $s = 9,76$ ist $v = 21,9$. Mit dem gewöhnlich angenommenen Atomgewichte 208 ergibt sich $v = 21,4$.

G. Andere Metalle.

140. Zinn. Sn. Atom = 59. Für galvanisch redu-

cirtes, quadratisch krystallisirtes, fand Miller $s = 7,178$; nach dem Schmelzen und Erstarren 7,293. Geschmolzenes und Erstarrtes hat $s = 7,291$ Kupffer; 7,291 Karsten. Für das gewalzte ist $s = 7,299$ Brisson; für das gehämmerte $s = 7,31$ Brisson und Meißner. Für das rasch erkaltete ist $s = 7,239$ Ch. Deville; für das langsam erkaltete $s = 7,373$ Ch. Deville. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 7,30$ ist $v = 8,08$.

141. Wolfram. W. Atom = 92. Für Wolfram ist $s = 17,22$ Allen und Aiken; 17,4 Buchholz; 17,6 De Luyart; 18,26 Uslar. Mit dem letzteren Werthe ist $v = 5,04$. Für $s = 17,6$ wäre $v = 5,2$.

142. Molybdän. Mo. Atom = 48. Für Molybdän ist $s = 8,62$ Buchholz. Das durch besondere Hilfsmittel geschmolzene, 4 bis 5 Proc. Kohlenstoff enthaltende, sonst reine, hat $s = 8,6$ Débray. Hiemit ist $v = 5,6$.

143. Vanadium. V. Atom = 68,6. Schafarik fand mit nur $\frac{1}{2}$ Grm. Substanz $s = 3,64$ bei 20° . Hiemit ist $v = 18,9$.

Es ergeben sich nun nachfolgende sehr einfache Beziehungen der Atomvolumen der Elemente.

144. *Isoster*, d. h. von *gleichem* Atomvolumen, sind mehrere Gruppen;

a) Isoster sind Diamant, Kupfer, Cobalt, Eisen und Mangan:

$$^dC_2 = 3,5 \quad (108)$$

$$Cu = 3,5 \quad (126)$$

$$Co = 3,5 \quad (123)$$

$$Fe = 3,6 \quad (124)$$

von welchen Diamant, Kupfer und Eisen regulär krystallisieren. Die Krystallform von Kobalt und Mangan ist noch unbekannt. Das Nickel mit dem Volum 3,3 (122) schließt sich dieser Gruppe *nicht* genügend an.

b) Isoster sind Palladium, Platin und Zink:

$$Pd = 4,5 \quad (129)$$

$$Pt = 4,6 \quad (128)$$

$$Zn = 4,6 \quad (134)$$

von welchen Platin und wahrscheinlich auch das geschmeidige Palladium der regulären Form angehören; es krystallisirt das Palladium hexagonal, das Zink rhomboëdrisch.

c) Isoster sind die Elemente: Graphit, Aluminium, Silber und Wolfram:

$$^{\circ}\text{C}^2 = 5,1 \text{ (108)}$$

$$\text{W} = 5,0 \text{ (141)}$$

$$\text{Al} = 5,1 \text{ (121)}$$

$$\frac{1}{2}\text{Ag} = 5,1 \text{ (132)}$$

Graphit wahrscheinlich dem hexagonalen, Silber und wahrscheinlich auch Aluminium dem regulären System angehörend. Von Wolfram die Krystallform unbekannt.

d) Isoster sind Silicium und Molybdän:

$$\text{Si} = 5,6 \text{ (109)}$$

$$\text{Mo} = 5,6 \text{ (142)}$$

Silicium dem regulären System angehörend: von Molybdän die Form unbekannt.

e) Isoster sind endlich Gold und Tellur:

$$\text{Au} = 10,2 \text{ (133)}$$

$$\text{Te} = 10,2 \text{ (137)}$$

ersteres regulär, letzteres rhomboëdrisch krystallisirend.

Wie man sieht, sind es keineswegs vorzugsweise die isomorphen Elemente, welche isoster sind. *Isosterismus kommt bei den Elementen eben so häufig oder noch häufiger mit Heteromorphismus als mit Isomorphismus verbunden vor.* Eine analoge Thatsache, worauf ich an anderer Stelle zurückkommen werde, stellt sich auch bei den Verbindungen heraus.

145. Genau der halbe Werth des einen Volums ist gleich dem anderen Volum, oder *hemiisoster* sind die Paare oder Paare von Gruppen:

a) Volum halb Magnesium ist gleich Volum Nickel, mit dem gewöhnlich anerkannten Atomgewicht von Magnesium, oder gleich Volum Kupfer, Eisen, Cobalt, Mangan und Diamant mit dem Dumas'schen Atomgewicht von Magnesium:

$$\frac{1}{2}\text{Mg} = 3,4 \text{ bis } 3,6 \text{ (117)}$$

Ni = 3,3 (122) und Cu = Co = Fe = Mn = $^d\text{C}^2$ = 3,5 bis 3,6.

b) Halb Volum Zinn ist gleich Volum Bor:

$$\frac{1}{2}\text{Sn} = 4,0 \text{ bis } 4,1 \text{ (140)}$$

$$\text{B} = 4,0 \text{ bis } 4,1 \text{ (107).}$$

c) Halb Volum Blei ist gleich Volum Palladium, Platin und Zink:

$$\frac{1}{2}\text{Pb} = 4,5 \text{ bis } 4,6 \text{ (131)}$$

$$\text{Pd} = \text{Pt} = \text{Zn} = 4,5 \text{ bis } 4,6.$$

d) Halb Volum Gold und halb Volum Tellur ist gleich Volum Silber, Aluminium und Graphit:

$$\frac{1}{2}\text{Au} = \frac{1}{2}\text{Te} = 5,1 \text{ (133 und 137)}$$

$$\text{Al} = \frac{1}{2}\text{Ag} = ^e\text{C}^2 = 5,1.$$

e) Halb Volum Natrium ist gleich Volum Lithium:

$$\frac{1}{4}\text{Na} = 5,9 \text{ (115)}$$

$$\frac{1}{2}\text{Li} = 5,9 \text{ (114).}$$

f) Nahe hemiisoster sind auch Kalium und Natrium:

$$\frac{1}{4}\text{K} = 11,3 \text{ (116)}$$

$$\frac{1}{2}\text{Na} = 11,9 \text{ (115).}$$

g) Halb Volum Antimon ist gleich Volum Blei:

$$\frac{1}{2}\text{Sb} = 9,1 \text{ (138)}$$

$$\text{Pb} = 9,1 \text{ (131).}$$

Es ist bemerkenswerth, dafs unter den Elementen, welche hemiisoster sind, sich fast immer isomorphe Paare befinden. Magnesium ist mit Nickel, mit Eisen und Mangan in vielen Verbindungen isomorph; Blei kann wahrscheinlich für isomorph mit Platin gelten; Zinn ist mit Bor isomorph, Gold mit Silber, Natrium mit Lithium, Kalium mit Natrium und Lithium:

Isomorphismus ist daher häufig mit Hemiisosterismus verbunden.

Auch die zusammengesetzten Körper bieten ähnliche Beziehungen dar, worauf ich an anderer Stelle zurückkommen werde.

146. Es findet noch eine andere merkwürdige Relation statt, welche sich fast auf sämmtliche Elemente zu er-

strecken scheint: es stehen nämlich die *Intervalle* oder *Differenzen* verschiedener Gruppen in *einfachen Verhältnissen*.

a) Um das Intervall 0,5 differiren die Gruppen der Reihe:

$$\begin{aligned} \text{Pd} &= \text{Pt} = \text{Zn} = 4,5 \text{ bis } 4,6 \\ {}^{\epsilon}\text{C}_2 &= \frac{1}{2} \text{Ag} = \text{Al} = 5,1 \\ \text{Mo} &= \text{Si} = 5,6. \end{aligned}$$

b) Genau um das doppelte Intervall 1,0 differiren die Gruppen der Reihe:

$$\begin{aligned} \text{B} &= 4,1 \\ \frac{1}{2} \text{Ag} &= \text{Al} = 5,1. \end{aligned}$$

und der Reihe:

$$\begin{aligned} \text{Cu} &= \text{Co} = \text{Fe} = \text{Mn} = 3,5 \text{ bis } 3,6 \\ \text{Zn} &= \text{Pd} = \text{Pt} = 4,5 \text{ bis } 4,6 \\ \text{Mo} &= \text{Si} = 5,6. \end{aligned}$$

c) Um das gleiche Intervall differiren:

$$\begin{aligned} \text{Sn} &= 8,1 \\ \text{Pb} &= 9,1 \\ \text{Au} &= \text{Te} = 10,2. \end{aligned}$$

d) Mit obigen Intervallen stehen in einfachen Verhältnissen die Intervalle:

$$\begin{aligned} \text{B} &= 4,1 \\ \text{Sn} &= 8,1 \\ \text{Au} &= \text{Te} = 10,2 \\ \text{As} &= 13,2 \text{ (138)} \\ \text{Sr} &= 17,2 \text{ (119)} \\ \text{Sb} &= 18,2 \end{aligned}$$

und das Intervall:

$$\begin{aligned} \text{Cu} &= \text{Co} = \text{Fe} = \text{Mn} = 3,6 \\ \text{Ca} &= 12,7 \text{ (118)}. \end{aligned}$$

147. Es gewinnt hiernach den Anschein, daß die Volume der Elemente, oder wenigstens der Mehrzahl der Elemente, nach regelmässigen Intervallen fortschreiten, als deren Einheit sich etwa 0,51 ergeben würde, oder mit anderen Worten, daß die Atomvolume der Elemente Multipla dieser Einheit sind. Ich habe eine ähnliche, an sich sehr richtige Wahrnehmung früher an den Condensationen gemacht, und daraus auf eine gemeinschaftliche Einheit der Volume geschlossen, und in meiner Schrift »die Molecularvolume der chemischen Verbindungen, Mannheim 1843« näher zu entwickeln versucht; aber von gröfseren multiplen

Werthen dieser Einheit ausgehend bin ich zu unrichtigen submultiplen Werthen derselben gelangt, und es ist der Versuch, zu frühzeitig unternommen, in mehrfachem Sinne mit Recht als ein verfehlt bezeichnet worden.

Oben dargelegte Thatsachen können nicht auf einem Zufall beruhen, und werden mit der Zeit ohne Zweifel die Grundlage sehr bestimmter theoretischer Einsichten in die Volumverhältnisse der Körper bilden.

Die specifischen Gewichte der Elemente, deren Volume jene einfachen Intervalle darbieten, sind mit wenigen Ausnahmen am genauesten und übereinstimmendsten beobachtet; es herrscht bei der überwiegenden Mehrzahl derselben keine Unsicherheit, welche eine ganze Einheit in der ersten Decimale ihres Volums beträgt; ihre Atomgewichte sind größtentheils zuverlässig festgestellt. Die Dichtigkeiten der Metalle, namentlich der geschmeidigen, lassen sich überhaupt am schärfsten ermitteln. Der in §. 10 erwähnte Umstand, die Unmöglichkeit nämlich, die Dichtigkeit und das Atomvolum der festen Körper bei wirklich entsprechenden Temperaturen zu beobachten und zu vergleichen, ist bei den Elementen von dem kleinsten störenden Einflusse, weil Temperaturveränderungen von 100 bis zu 200 und mehr Graden bei den meisten derselben noch keine auf die erste Decimale wirkende Veränderung ihres Atomvolumens hervorbringen. Die Ungenauigkeiten der Beobachtung der ganzen Volume der Körper, wie ich in §. 11 hervorgehoben habe, fallen ganz auf die Differenzen der Intervalle, und auch aus diesem Grunde sind die Elemente, welche die *kleinsten absoluten* Volume darbieten, die geeignetsten Körper, Regelmäßigkeiten der Intervalle erkennen zu lassen.

Alle Umstände vereinigen sich demnach dahin, gerade bei den Elementen einfache Beziehungen der Atomvolume herauszustellen, wenn sie überhaupt stattfinden. Da solche einfache Beziehungen nun wirklich in überraschender Vollständigkeit vorliegen, so ist die Erwartung gerechtfertigt, daß sich dieselben mit der Vermehrung der Thatsachen und mit der zunehmenden Genauigkeit derselben immer allge-

meiner ergeben werden. Ich erkenne jedoch an, daß in diesen Dingen, wie die Erfahrung allseitig gelehrt hat, die äußerste Vorsicht nöthig ist, und daß mir mit Recht vorgehalten wurde, daß ich derartige Wahrnehmungen sowohl in meiner ersten Arbeit (diese Ann. Bd. 50, S. 553 u. folg.), als in meiner mehr erwähnten Schrift »die Molecularvolume u. s. w.« zu vorschnell, und deshalb ohne sicheren Erfolg im Einzelnen, zu verallgemeinern und zur Erklärung specieller Thatsachen zu verwenden versucht habe.

Deshalb enthalte ich mich jeder weiteren Folgerung aus vorstehenden einfachen Relationen, und werde weitere Schlüsse mir erst dann erlauben, wenn die Thatsachen reif dazu vorliegen.

IV. Ueber Isomorphismus und Isosterismus.

148. Man theilt bisher sehr allgemein die Ansicht, daß der Isomorphismus Gleichheit oder angenäherte Gleichheit der Atomvolume bedinge. Daß diese Ansicht, der ich mich, jedoch nur auf kurze Zeit, ebenfalls angeschlossen, irthümlich ist, ergiebt sich aus einer näheren Prüfung derselben. Um diese Prüfung vornehmen zu können, muß ich zunächst wieder die beobachteten Dichtigkeiten der dabei in Betracht kommenden Substanzen, sofern sie nicht im Vorausgehenden schon vorgelegt wurden, in gleicher Weise, wie es bisher geschehen ist, zusammenstellen. Aus den in II. angeführten Gründen werde ich mich auch bei der vorliegenden Untersuchung auf die *einfacheren* Verbindungen beschränken. Ebenso werde ich einige Schwefel- und Selenverbindungen, einige Arsen- und Antimonverbindungen unberücksichtigt lassen, weil in Betreff derselben grofsentheils noch zu viele Unklarheiten herrschen, sowohl was die für dieselben aufzunehmenden Formeln als was ihren Isomorphismus betrifft. Das Hereinziehen von Verbindungen, über deren Auffassung man nicht einig ist, könnte die ohnehin schon so schwierigen Untersuchungen über die Atomvolume nur verwirren. Auf dieselben zurückzukommen werde ich erst dann wagen, wenn gewisse regelmässige Beziehungen

der Atomvolume anderweitig bereits festgestellt und erkannt seyn werden.

A. Oxyde von der Form RO . In regulären Octaëdern krystallisiren die Oxyde MgO , NiO , CdO ; in regulären Tetraëdern CuO ; rhomboëdrisch BeO ; hexagonal ZnO und rhombisch PbO .

149. Periklas. MgO . Atom = 20 oder nach Dumas 20,5. Der natürliche Periklas enthält 5 bis 6 Proc. Eisenoxydul; er hat $s = 3,674$ Damour; 3,75 Scacchi. Künstlich erzeugte Krystalle haben $s = 3,606$ Ebelmen. Im Porcellanofen geglühte Magnesia hat $s = 3,644$ H. Rose. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 3,64$ ist $v = 5,49$, oder für das Dumas'sche Atomgewicht $v = 5,63$.

150. Nickeloxydul. NiO . Atom = 37,5. Aus dem Garkupfer in regulären Octaëdern erhalten hat es $s = 6,604$ bis 6,606 Genth; 6,661 Rammelsberg; künstlich dargestellte Krystalle haben $s = 6,80$ Ebelmen. Mit dem mittleren Werthe $s = 6,69$ ist $v = 5,61$.

151. Cadmiumoxyd. CdO . Atom = 64. Für reines krystallisirtes fand Werther $s = 8,111$. Hienach ist $v = 7,89$. Für das pulverförmige Oxyd fand Karsten $s = 6,950$ und hiemit wäre $v = 9,21$.

152. Kupferoxyd. CuO . Atom = 39,7. Es hat $s = 6,322$ Filhol; 6,401 Herapath; 6,430 Karsten. Im Mittel $s = 6,38$ und $v = 6,22$.

153. Beryllerde. BeO . Atom = 12,7. Im Porcellanofen geglüht hat sie $s = 3,02$ bis 3,03 H. Rose. Künstlich dargestellte Krystalle haben $s = 3,02$ bis 3,06 Ebelmen. Mit dem Mittel $s = 3,03$ ist $v = 4,19$.

154. Zinkoxyd. ZnO . Atom = 40,8 Dumas. Es hat $s = 5,600$ Boullay; 5,734 Karsten; 5,612 Filhol. Als Hüttenproduct krystallisirt und rein $s = 5,6067$ bis 5,6570 H. Rose. Mit dem mittleren Werthe der Bestimmung von H. Rose, $s = 5,63$, ist $v = 7,21$.

155. Bleioxyd. PbO . Atom = 111,5. Für das Pulver ist $s = 9,209$ Karsten; 9,277 Herapath. Für das geschmolzene und erstarrte ist $s = 9,50$ Boullay. Fil-

hol fand $s = 9,361$; Joule und Playfair erhielten $s = 9,363$ bei $3^{\circ},9$. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 9,36$ ist $v = 11,9$.

B. Oxyde von der Form $R_2 O_3$. Der Thonerde, dem Chromoxyd und dem Eisenglanz (54, 55 und 56) schließt sich rhomboëdrisch isomorph das Titaneisen an. Der Braunit ist quadratisch. Von Rotheisenstein und gewöhnlichem Eisenoxyd ist die Form unbekannt.

156. Titaneisen. FeO, TiO_2 . Atom = 77. Das von Tegelsberg bei Hofgestein hat $s = 4,661$ v. Kobell; $s = 4,689$ Rammelsberg. Es ist nach des letzteren Analyse (diese Ann. Bd. 101, S. 497 u. ff.) reines titansaures Eisenoxydul. Die gleiche Zusammensetzung hat nach Rammelsberg das Titaneisen von St. Christophe bei Bourg d'Oisans in der Dauphinée, gewöhnlich Crichtonit genannt. vom specifischen Gewicht $s = 4,727$ Marignac. Im Mittel ist $s = 4,69$ und hiemit $v = 16,4$.

157. Rotheisenstein. $Fe_2 O_3$. Atom = 80. Er hat $s = 4,7$ bis $4,9$ Breithaupt. Eisenoxyd hat $s = 4,959$ Herapath. Im Mittel $s = 4,88$ und $v = 16,4$.

158. Braunit. $Mn_2 O_3$. Atom = 79. Für ihn ist $s = 4,82$ Haidinger und hiemit $v = 16,4$.

C. Oxyde von der Form RO_2 . Die Titansäure ist trimorph; der Rutil ist quadratisch isomorph mit Zinnstein; der Brookit rhombisch isomorph mit dem von Daubrée künstlich erhaltenen Zinnoxyde; der Anatas ist quadratisch, von anderer Form als Rutil.

159. Rutil. TiO_2 . Atom = 41. Er hat $s = 4,249$ Mohs; $4,250$ bis $4,291$ Breithaupt. Rutil von Snarum hat $s = 4,244$ Th. Scheerer; aus Sachsen und Frankreich $s = 4,420$, bei 0° , Kopp; künstlich dargestellte Krystalle haben $s = 4,26$ bis $4,283$ Ebelmen. Im Porcellanofen geglühte Titansäure hat $s = 4,255$ bis $4,253$ H. Rose. Der Rutil enthält nach H. Rose immer über 1 Proc. Eisenoxyd. Die Dichtigkeit der reinen Titansäure als Rutil ist demnach $s = 4,25$ und $v = 9,65$.

160. Brookit. TiO_2 . Atom = 41. In durchsichtigen

Krystallen hat er $s = 4,128$ bis $4,131$ H. Rose; in undurchsichtigen Krystallen $4,165$ bis $4,166$ H. Rose. Brookit vom Ural hat $s = 4,22$ Frödmann; $4,20$ Beck; $4,216$ Romanowsky. Mit dem für die durchsichtigen Krystalle von H. Rose gefundenen Werthe $s = 4,13$ ist $v = 9,93$.

161. Anatas. TiO_2 . Atom = 41. Er ist nach H. Rose die reinste Titansäure und hat $s = 3,890$ bis $3,912$ H. Rose; $3,750$ Breithaupt; $3,826$ Mohs; $3,82$ v. Kobbell; $3,857$ Vauquelin. Im Mittel $s = 3,84$ und hiemit $v = 10,7$.

162. Zinnstein. SnO_2 . Atom = 75. Er hat $s = 6,960$ bis $6,95$ Neumann; $6,831$, bei 0° , Kopp; $6,892$ bis $7,180$ Breithaupt. Geglühtes Zinnoxid hat $s = 6,90$ Boullay; $6,849$ bis $6,978$ H. Rose. Mit dem wahrscheinlichsten Werthe $s = 6,95$ ist $v = 10,8$.

163. Rhombisches Zinnoxid. SnO_2 . Atom = 75. Es hat $s = 6,72$ Daubrée und hiemit $v = 11,2$.

D. Chloride, Bromide und Jodide. — Aufser den schon erwähnten regulär isomorphen Verbindungen, von denen ich nur für das Chlorlithium eine neue Bestimmung beizubringen habe, kommen hier in Betracht: das Chlorbarium und Jodbarium von unbekannter Krystallform; das Chlorblei, nach Schabus rhombisch; das Jodblei, dessen Form nicht genügend bekannt ist; das Quecksilberchlorid und das Quecksilberjodid, welche rhombisch heteromorph sind.

164. Chlorbarium. Ba Cl . Atom = $104,1$. Durch Glühen des Hydrates dargestellt hat es $s = 3,704$ Karsten; $3,750$ Filhol; $3,8$ Richter; $3,82$ Schiff; $3,86$ bis $4,156$ Boullay. Ich erhielt durch Rühren in Terpentins $s = 3,872$ und $3,886$, im Mittel $3,879$. Mit Ausschluss der niedrigsten Bestimmung ist im Mittel $s = 3,851$ und $v = 27,0$.

165. Jodbarium. Ba J . Atom = $195,6$. Es liegt nur die Filhol'sche Bestimmung vor, $s = 4,917$, wonach $v = 39,8$.

166. Chlorblei. Pb Cl . Atom = 139 . Es hat $s = 5,78$

Schiff; 5,802 Schabus; 5,802 Karsten. Für $s = 5,802$ ist $v = 24,0$.

167. Jodblei. PbJ. Atom = 230,5. Es hat $s = 6,021$ Karsten; 6,07 Schiff; 6,110 Boullay; 6,384 Filhol. Im Mittel aus mehreren Bestimmungen erhielt ich $s = 6,207$. Das Gesamtmittel ist $s = 6,158$ und hiemit $v = 37,4$.

168. Sublimat. Hg Cl. Atom = 135,5. Er hat $s = 5,320$ Schiff; 5,403 Karsten; 5,420 Boullay. Durch Rühren des gepulverten Sublimats in Steinöl erhielt ich $s = 5,456$; durch Kochen $s = 5,431$ und 5,456. Das Mittel meiner Bestimmungen ist $s = 5,448$. Mit Ausschluss der Schiff'schen Bestimmung ist s im Mittel = 5,424 und $v = 25,0$.

169. Jodquecksilber. HgJ. Atom = 217. Es hat $s = 5,91$ Schiff; 6,201 Karsten; 6,250 Filhol; 6,320 Boullay. Mit Ausschluss der Schiff'schen Bestimmung ist im Mittel $s = 6,257$ und $v = 36,3$.

170. Chlorkalium. Li Cl. Atom = 42,5. Kremers hatte gefunden $s = 1,998$ (21). Ich habe es jetzt auch untersucht, und für das geschmolzene und, weil es hygroskopisch ist, in der heißen Achatreibschale gepulverte und rasch gewogene Chlorkalium durch Rühren in Terpentin erhalten $s = 2,074$. Im Mittel ist demnach $s = 2,036$ und $v = 20,9$.

E. Die isomorphen Natron- und Silberverbindungen sind schon mitgetheilt. Chlorsaures Silberoxyd krystallisirt quadratisch; chlorsaures Natron in regulären Tetraëdern; salpetersaures Silberoxyd rhombisch; salpetersaures Natron (62) rhomboëdrisch.

171. Salpetersaures Silberoxyd. Ag O, N O₃. Atom = 170. Es hat $s = 4,355$ Karsten. Für ganze Krystalle fand ich in Terpentin $s = 4,238$; in Steinöl 4,253. Ein anderes Präparat, in ganzen Krystallen in Steinöl gekocht, zeigte $s = 4,271$; fein gepulvert und in Steinöl gerührt $s = 4,328$, welche letztere Bestimmung ohne Zweifel die bessere ist, da die Krystalle Höhlungen einzuschließen schei-

nen. Das Mittel aus dieser und Karsten's Messung ist $s = 4,342$ und $v = 39,2$.

172. Chlorsaures Natron. NaO, ClO_3 . Atom = 106,5. Berthelot hat beobachtet $s = 2,467$, wonach $v = 43,2$.

173. Chlorsaures Silberoxyd. AgO, ClO_3 . Atom = 191,5. Von Hrn. Cherdron, durch Auflösen von Silberoxyd in Chlorsäure, in schönen Krystallen dargestellt. Die Analyse ergab Hrn. Cherdron 74,5 Proc. Silber, die Rechnung verlangt 74,9 Proc. Fein gepulvert und getrocknet gab es mir durch Rühren in Terpentin $s = 4,424$ und $4,437$, im Mittel $s = 4,430$ und $v = 43,2$.

F. Sulfate. Mit den rhombisch isomorphen Sulfaten von Baryt, Strontian und Bleioxyd und den entsprechenden Carbonaten ist noch der rhombisch heteromorphe Anhydrit zu vergleichen.

174. Anhydrit. CaO, SO_3 . Atom = 68. Er hat $s = 2,96$, bei $3^\circ,9$, Le Royer und Dumas; $2,96$ Neumann. Künstlich erzeugte Krystalle zeigten $s = 2,969$ Manrofs. Geglühter Gyps hat $s = 2,927$ Karsten. Filhol erhielt $s = 3,102$. Das Mittel ist $s = 2,984$ und $v = 22,8$.

175. Ich habe im Vorstehenden meines Wissens alle einfacheren Körper von bekannter Dichtigkeit und Krystallform erwähnt, an welchen sich die Frage über den Zusammenhang von Isomorphismus und Isosterismus prüfen läßt, und werde nun bei jeder Gruppe die Thatfachen zusammenstellen, welche für Gleichheit oder angenäherte Gleichheit der Atomvolumen isomorpher Körper zu sprechen scheinen, und denselben diejenigen Thatfachen entgegenstellen, welche dieser Annahme direct widersprechen.

176. Die regulär isomorphen Metalle bilden die Reihe:

$\text{Cu} = \text{Fe} = 3,5$ bis $3,6$ (124 und 126)

$\text{Pt} = 4,6$ (128)

$\frac{1}{2} \text{Ag} = 5,1$ (132)

$\text{Cd} = 6,5$ (130)

$\text{Pb} = 9,1$ (131)

$\text{Au} = 10,2$ (133).

Dann die Reihe:

$$\frac{1}{2} \text{Li} = 5,9 \quad (114)$$

$$\frac{1}{2} \text{Na} = 11,9 \quad (115)$$

$$\frac{1}{2} \text{K} = 22,6 \quad (116).$$

Für Gleichheit der Atomvolumen spricht hier nur der Isosterismus von Kupfer und Eisen. Beide Reihen zeigen, daß ihre Atomvolumen fast eben so weit von einander abliegen, als die Atome irgend welcher Elemente, ihre Werthe reichen vom einfachen bis nahe zum vierfachen. Von einer angenäherten Gleichheit kann offenbar nicht die Rede seyn.

177. Die rhomboëdrisch isomorphen Metalle bilden die Reihe:

$$\text{Zn} = 4,6 \quad (134)$$

$$\text{Te} = 10,2 \quad (137)$$

$$\text{As} = 13,2 \quad (138)$$

$$\text{Sb} = 18,2 \quad (138)$$

$$\text{Bi} = 21,4 \text{ bis } 21,9 \quad (139).$$

Auch die Volumina dieser entschieden isomorphen Elemente liegen fast eben so weit von einander ab, als die Volumina irgend welcher Elemente. Ihre Werthe reichen vom einfachen bis nahe zum fünffachen. Von einer angenäherten Gleichheit der Atomvolumen isomorpher Elemente zu sprechen geht demnach nicht an.

Isosterismus findet sich unter obigen isomorphen Elementen nicht.

178. Gegen die Annahme, daß mit dem Isomorphismus vorzugsweise Gleichheit der Atomvolumen verbunden sey, sprechen jedoch bei den Elementen im Speciellen noch eine Reihe von Thatsachen:

a) Bor und Zinn sind isomorph; ihre Volumina verhalten sich wie 1 : 2 (145 b).

b) Das Iridiumplatin $\frac{1}{3}$ ($\text{Ir}_4 \text{Pt}$) vom Volumen $v = 4,2$ bis 4,3 (127), mit dem regulären Platin isomorph, hat entschieden ein *kleineres* Volumen als das Platin.

c) Das Osmium-Iridium ist nach G. Rose um so dichter, je osmiumreicher es ist, und in allen Fällen von gleicher Form mit den rhomboëdrischen Metallen.

$$\frac{1}{3} (\text{Os, Ir}) = 4,6 \quad (135)$$

$$\frac{1}{3} (\text{Os Ir}) = 5,1 \quad (135)$$

$$(\text{Ir}) = 6,2 \quad (136).$$

Osmium und Iridium haben nahe gleiches Atomgewicht, folglich hat das Osmium, wenn es mit dem Iridium rhomboëdrisch isomorph ist, ein *kleineres* Atomvolum als das Iridium.

d) Das Atomvolum des Osmium-Iridiums ist gleich dem Volum des Platins, oder gröfser als dieses; das Volum des rhomboëdrischen Osmiums ist kleiner als das des Iridiums; folglich ist das Volum des rhomboëdrischen Iridiums *gröfser* als das des regulären Platins, das des regulären Iridiums aber kleiner als das des isomorphen Platins. Es ist deshalb zu vermuthen, dafs das geschmolzene spröde Iridium vom Volum 6,2 (136) sich in der rhomboëdrischen Modification befindet.

e) Während die regulären Metalle nur den Isosterismus von Kupfer und Eisen, die rhomboëdrisch isomorphen gar keinen Fall von Isosterismus darbieten, findet mehrfacher Isosterismus zwischen den *heteromorphen* Metallen statt, wie zwischen Platin und Zink, zwischen Gold und Tellur.

Die Beschaffenheit der Elemente zeigt daher, dafs Isosterismus mit Isomorphismus weniger häufig als mit Heteromorphismus verbunden ist.

179. Die Oxyde von der Form RO bilden die Reihe:

BeO = 4,2	(153) rhomboëdrisch
MgO = 5,5 bis 5,6	(149) regulär
NiO = 5,6	(150) regulär
CuO = 6,2	(152) hemiëdrisch regulär
ZnO = 7,2	(154) hexagonal
CdO = 7,9	(151) regulär
PbO = 11,9	(155) rhombisch.

Poriklas und Nickeloxydul sind isomorph und isoster; die Reihe bietet daher wirklich einen Fall von Isosterismus in Verbindung mit Isomorphismus dar; hingegen entfernt sich von ihrem Volum sehr weit das isomorphe Cadmiumoxyd, und ebenso weit steht das Volum der Beryllerde von dem

des isomorphen Zinkoxydes ab. Eine genäherte Gleichheit des Volums der isomorphen Oxyde RO liegt keineswegs vor.

180. Die Oxyde von der Form R_2O_3 bilden die Reihe:

$Al_2O_3 = 12,9$ (54) rhomboëdrisch

$Cr_2O_3 = 14,9$ (55) "

$Fe_2O_3 = 15,3$ (56) "

$Fe_2O_3 = 16,4$ (159) Rotheisenstein

$Mn_2O_3 = 16,4$ (160) quadratisch

$FeO, TiO_2 = 16,4$ (158) rhomboëdrisch.

Hier liegen sich nun allerdings die Volume der isomorphen Glieder, Chromoxyd und Eisenglanz sehr nahe, und auch die Volume der Beryllerde und des Corunds würden sich sehr nahe liegen, wenn man Beryllerde als Be_2O_3 betrachten wollte. Andererseits aber ist das Titaneisen, dem Eisenglanz isomorph, nicht mit diesem, sondern mit dem heteromorphen Rotheisenstein und dem Braunit isoster. Titan und Eisen sind heteroster wenn sie isomorph sind; ob isoster wenn sie heteromorph sind, läßt sich an dieser Stelle nicht entscheiden, so lange die Volume des Sauerstoffs in diesen Oxyden nicht ermittelt sind. Die Volume der isomorphen Glieder der Reihe Corund und Titaneisen liegen nun gerade wieder ebenso weit von einander ab, als die Volume irgend welcher Oxyde von der Form R_2O_3 , und es wäre deshalb lediglich gar nicht gerechtfertigt, von einer angenäherten Gleichheit der Volume dieser isomorphen Oxyde zu sprechen. Schon H. Rose (diese Ann. Bd. 62, S. 129) hat darauf aufmerksam gemacht, daß das Atomvolum des Titaneisens nicht mit dem des Eisenglanzes sondern mit dem des Rotheisensteins und des gewöhnlichen Eisenoxydes übereinstimmt.

181. Die Oxyde von der Form RO_2 bilden die Reihe:

$TiO_2 = 9,7$ (161) Rutil

$TiO_2 = 9,9$ (162) Brookit

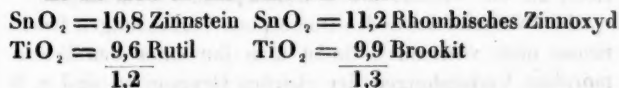
$TiO_2 = 10,7$ (163) Anatas

$SnO_2 = 10,8$ (164) Zinnstein

$SnO_2 = 11,2$ (165) Rhombisches Zinnoxid.

Es ist hier zunächst zu bemerken, daß die quadratisch isomorphen Glieder Zinnstein und Rutil, und die rhombisch isomorphen Glieder Zinnoxidul und Brookit nach dem von mir (69 bis 105) entwickelten empirischen Gesetze *parallelster* seyn müssen.

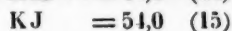
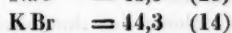
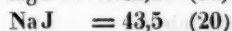
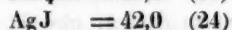
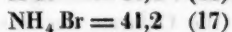
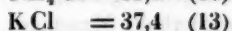
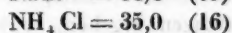
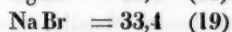
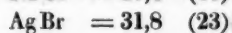
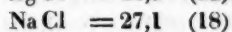
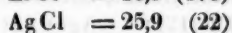
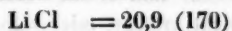
Es ist dies in der That der Fall:



Die Atomvolumendifferenzen beider isomorphen Paare sind gleich.

Auch in Betreff dieser Gruppe hat schon H. Rose darauf hingewiesen (diese Ann. Bd. 61, S. 528), daß sich das Atomvolum des Rutils viel weiter von dem des isomorphen Zinnsteins entfernt, als das Volum des heteromorphen Brookits und Anatases. Die Atomvolumen des Titans und Zinns liegen am weitesten von einander ab, wenn sie isomorph sind, die heteromorphen Verbindungen Zinnstein und Anatas sind isoster; die isomorphen Glieder der Reihe sind heteroster. Alle diese Thatfachen stehen in directem Widerspruche mit der Meinung, daß isomorphen Verbindungen allgemein gleiches oder genähert gleiches Atomvolum zukomme.

182. Die isomorphen Chlor-, Brom- und Jod-Verbindungen des Kaliums, Ammoniums, Natriums und Lithiums und des Silbers bilden die Reihe:



a) Es ist gewiss merkwürdig, daß von diesen sämtlichen, vielleicht nur mit Ausschluss des Jodsilbers, bestimmt isomorphen Verbindungen nicht zwei völlig isoster sind. Es sind bis jetzt keine heteromorphen Verbindungen der gleichen Gruppe bekannt, deren Volume um ebensoviel differiren, als die Volume dieser isomorphen Verbindungen.

b) Während unter den isomorphen Verbindungen Isostereismus nicht vorkommt, findet man ihn unter den heteromorphen Verbindungen der gleichen Gruppe; so sind z. B. Chlorbarium und Chlornatrium isoster: $\text{Ba Cl} = 27,0$ (164); $\text{Na Cl} = 27,1$ (18).

183. Daß der Isomorphismus auch eine *genäherte* Gleichheit der Atomvolume *nicht* bedingt, geht recht deutlich aus folgender Thatsache hervor: In den isomorphen Chloriden und Jodiden ist Volum $\text{J Cl} = 16,4$ (101). In allen andern bis jetzt untersuchten heteromorphen aber entsprechenden Jod- und Chlor-Verbindungen ist die Volumdifferenz viel kleiner:

$\text{Ba J} = 39,8$ (165)	$\text{Hg J} = 36,0$ (169)	$\text{Pb J} = 37,3$ (166)
$\text{Ba Cl} = 27,0$ (164)	$\text{Hg Cl} = 25,0$ (168)	$\text{Pb Cl} = 37,3$ (166)
12,8	11,3	13,4

184. In Betreff des Natriums und Silbers hatte sich ergeben, daß in den isomorphen Hologensalzen Volum $\text{Na} - \text{Ag} = 1,4$ (75), und in den isomorphen Sulfaten Volum $\text{Ag} - \text{Na} = 2,1$ (76). Für die heteromorphen Nitrate und Chlorate des Natriums und Silbers sind die Volumdifferenzen entweder nicht größer, oder selbst kleiner:

$\text{Ag O, NO}_3 = 39,2$ (171)	$\text{Ag O, Cl O}_3 = 43,2$ (173)
$\text{Na O, NO}_3 = 37,6$ (62)	$\text{Na O, Cl O}_3 = 43,2$ (172)
1,6	0,0

Ob die Chlorate beider Metalle, wie die bisjetzt vorliegenden Beobachtungen ergeben, wirklich isoster sind, wird noch durch wiederholte Messungen zu erhärten seyn. Marignac glaubt die Chlorate des Silbers und Natriums für isomorph halten zu dürfen, obwohl sie verschiedenen Krystallsystemen angehören.

185. Auch die Volume der rhombischen und rhomboë-

drischen Spathe widersprechen der Annahme, daß die Atomvolume isomorpher Körper vorzugsweise genäherte Werthe seyen. Ihre Reihe ist:

$\text{Ba O, SO}_3 = 26,1$	(29)	} rhombisch isomorph
$\text{Pb O, SO}_3 = 24,0$	(31)	
$\text{Sr O, SO}_3 = 23,4$	(30)	
$\text{Ca O, SO}_3 = 23,0$	(174)	
$\text{Ba O, CO}_2 = 22,5$	(32)	} rhombisch isomorph
$\text{Pb O, CO}_2 = 20,5$	(35)	
$\text{Sr O, CO}_2 = 20,4$	(33)	
$\text{Ca O, CO}_2 = 18,4$	(37)	Kalkspath
$\text{Ca O, CO}_2 = 17,0$	(34)	Arragonit
$\text{Mn O, CO}_2 = 15,9$	(39)	} rhomboëdrisch isomorph
$\text{Fe O, CO}_2 = 15,0$	(40)	
$\text{Zn O, CO}_2 = 14,1$	(38)	
$\text{Mg O, CO}_2 = 13,8$	bis 14,1 (36)	

Man sieht, daß der Arragonit und Kalkspath in Betreff ihres Volums die verkehrte Stellung haben; das Volum des rhomboëdrischen Kalkspaths nähert sich mehr den rhombischen Spathen, das Volum des rhombischen Arragonits mehr den rhomboëdrischen Carbonaten. Isoster scheinen hier in der That die rhomboëdrisch isomorphen Paare Magnesitspath und Zinkspath, Manganspath und Eisenspath; und nahe isoster sind auch die rhombisch isomorphen Sulfate und Carbonate des Strontiums und Bleis. Aber ebenso sind nahe isoster die Volume der heteromorphen Sulfate von Strontium und Calcium, und sie liegen sich jedenfalls sehr viel näher, als die Volume der isomorphen Carbonate von Strontium und Calcium.

186. Die vorstehenden Untersuchungen ergeben als unzweifelhaftes Resultat, daß die Atomvolume isomorpher Verbindungen im Allgemeinen ganz ebenso weit auseinander liegen, als die Atomvolume entsprechender heteromorpher Verbindungen; daß Isosterismus von Isorphismus nicht bedingt wird; daß zwar Isosterismus mit Isorphismus nicht selten verbunden ist, daß jedoch ebenso häufig die Volume der Körper weiter auseinander liegen, wenn

sie isomorph, als wenn sie heteromorph sind. Es stimmt dieß Resultat auch mit vielfachen anderweitigen Thatsachen der Chemie überein. Isomorph scheinen unter den organischen Körpern vorzugsweise die *homologen* Glieder bestimmter Reihen, welche sich um n mal C_2H_2 in ihrer Elementarzusammensetzung unterscheiden, aber sonst von gleicher Constitution sind, z. B. Methylamin, Aethylamin u. s. w. Solche isomorphe Körper haben sicher niemals gleiches Atomvolum. Ganz entsprechend sind auch, was die unorganischen Körper betrifft, die Glieder bestimmter Triaden, wie Chlor, Brom und Jod, Kalium, Natrium und Lithium, Barium, Strontium und Calcium u. s. f. vorzugsweise isomorph, aber niemals, wenn sie isomorph sind, isoster.

Es ist demnach die sehr verbreitete aber gänzlich unbegründete Voraussetzung, daß Isomorphismus Gleichheit oder angenäherte Gleichheit der Atomvolum bedinge, aufzugeben.

Der Isosterismus oder genäherte Isosterismus der isomorphen Paare Eisen und Chrom, Eisen und Mangan, Zink und Magnesium, Blei und Strontium, Silber und Natrium, Kalium und Ammonium bleibt eine sehr merkwürdige Thatsache, ebenso wie der von mir bei den Elementen (145) nachgewiesene häufig vorkommende *Hemioisosterismus* in Verbindung mit Isomorphismus, aber beiderlei Thatsachen lassen sich zur Zeit nicht verallgemeinern.

187. Es erübrigt die Untersuchung der Frage, ob die Krystallaxen und Winkel isomorpher Körper zu der Größe der Atomvolum in irgend einer gesetzmäßigen Beziehung stehen; denn der Versuch, eine Abhängigkeit der Axen und Winkel von den Volumen nachzuweisen (H. Kopp in den Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 36 S. 13 bis 18), hat zur Verbreitung der oben widerlegten irrigen Meinung wesentlich beigetragen. Eine unbefangene Prüfung der Frage führt jedoch zu dem Resultate, daß die behauptete Abhängigkeit nicht stattfindet.

188. Für die rhomboëdrischen Metalle und für die rhomboëdrischen Oxyde, mit ersteren von gleicher Form,

nach den Axen- und Winkel-Verhältnissen geordnet, hat man die beiden Reihen:

A) Rhomboëdrische Metalle (nach G. Rose):

	Hauptaxe c	Endkanten- winkel $2A$	Atomvolum v
a) Osmium-Iridium	$c = 1,4105$	$2A = 84^{\circ} 52'$	$v = 4,7 \text{ bis } 5,1 (135)$
b) Arsen	$c = 1,4025$	$2A = 85 \quad 4$	$v = 13,2 (138)$
c) Tellur	$c = 1,3298$	$2A = 86 \quad 57$	$v = 10,2 (137)$
d) Antimon	$c = 1,3068$	$2A = 87 \quad 35$	$v = 18,2 (138)$
e) Wismuth	$c = 1,3035$	$2A = 87 \quad 40$	$v = 21,3 \text{ bis } 21,9 (139)$

B) Rhomboëdrische Oxyde (die Axen und Winkel nach Kopp's Angabe):

a) Corund	$c = 1,3617$	$2A = 86^{\circ} 6'$	$v = 12,9 (54)$
b) Eisenglanz	$c = 1,3668$	$2A = 85 \quad 58$	$v = 15,2 (56)$
c) Chromoxyd	$c = 1,3707$	$2A = 85 \quad 52$	$v = 14,9 (55)$
d) Titaneisen	$c = 1,3767$	$2A = 85 \quad 43$	$v = 16,4 (156)$

Wie man sieht fallen sowohl für die Metalle als für die Oxyde die Gränzwerthe der Axen und Winkel auch mit den Gränzwertthen der Atomvolumne zusammen, aber die Axen und Winkel der Zwischenglieder befolgen in beiden Reihen nicht die nämliche Ordnung wie die Volume. Das Tellur müßte entschieden über dem Arsen stehen, das Chromoxyd über dem Eisenglanz. Zwar sind für beide letztere Oxyde sowohl die Axen und Winkel als die Volume so nahe übereinstimmend, daß man aus der Reihe der Oxyde allein veranlaßt seyn könnte, auf die in Rede stehende Abhängigkeit zu schließen. Unverträglich mit ihr ist jedoch die Reihe der Metalle; denn abgesehen von der verkehrten Stellung von Arsen und Tellur entsprechen den *größeren* Volumdifferenzen zwischen Osmium-Iridium und Arsen, zwischen Tellur und Antimon, die *kleineren* Axen- und Winkeldifferenzen, und der *kleineren* Volumdifferenz zwischen Arsen und Tellur entspricht die *größere* und überdies *verkehrte* Axen- und Winkeldifferenz.

Noch ein anderer Umstand endlich macht die Annahme jener Abhängigkeit ganz unzulässig. Angenommen, für die rhomboëdrischen Oxyde stelle sich eine solche Abhängigkeit heraus, so entspricht bei ihnen dem *kleineren* Volum auch

die *kleinere* Axe, dem *größeren* Volum die *größere* Axe. Ganz das entgegengesetzte aber findet für die isomorphen Metalle von gleicher Form mit jenen Oxyden statt. Wächst aber die Axe *c* durch Erwärmung und Vergrößerung des Volums in der einen Gruppe, so muß sie auch in der andern wachsen; nimmt sie in der einen ab, so muß sie es auch in der anderen. Stimmt daher die Reihenfolge der einen Gruppe im Allgemeinen mit der vorausgesetzten Abhängigkeit überein, so steht die Reihenfolge der anderen nothwendig mit ihr im Widerspruch.

189. Für die rhombisch isomorphen Sulfate und Carbonate ergeben sich die beiden Reihen (die Axenverhältnisse nach Kopp's Angabe):

A) Rhombische Carbonate.

	Verhältniß der Axen $a:b:c$	Atomvolum v
a) CaO, CO_2	0,6215 : 1 : 0,7205	$v = 17,0$ (34)
b) PbO, CO_2	0,6100 : 1 : 0,7236	$v = 20,5$ (35)
c) SrO, CO_2	0,6096 : 1 : 0,7237	$v = 20,4$ (33)
d) BaO, CO_2	0,5950 : 1 : 0,7413	$v = 22,5$ (32)

B) Rhombische Sulfate:

a) SrO, SO_3	0,6060 : 1 : 0,7803	$v = 23,4$ (30)
b) PbO, SO_3	0,6087 : 1 : 0,7740	$v = 24,0$ (31)
c) BaO, SO_3	0,6206 : 1 : 0,7618	$v = 26,1$ (29).

Auch in diesen beiden Gruppen fallen die Gränzwerthe der Axen mit den Gränzwertthen der Atomvolumen zusammen. In beiden Gruppen stimmen sowohl die Axenverhältnisse als die Volume der entsprechenden Blei- und Strontium-Verbindungen so nahe überein, daß man darin eine Bestätigung der in Frage stehenden Abhängigkeit zu sehen veranlaßt seyn könnte. Experimentell ist erwiesen, daß bei diesen isomorphen Körpern durch Erwärmung die Axe *a* abnimmt, die Axe *c* zunimmt, was für die Aufeinanderfolge der Carbonate vollkommen paßt, und in soweit scheint alles für die fragliche Abhängigkeit zu sprechen. Sie wird jedoch direct widerlegt durch die Thatsache, daß die Aufeinanderfolge der Sulfate die *verkehrte* ist von derjenigen

der Carbonate. Bei den Carbonaten entspricht die *größere* Axe *a* dem *kleineren* Volum; bei den Sulfaten von gleicher Form hingegen entspricht die *kleinere* Axe *a* dem *kleineren* Volum. Beide Reihen in Verbindung widerlegen also auf das Bündigste die in Frage stehende Abhängigkeit.

190. Für die rhomboëdrischen Spathen hat man die Reihe (die Axen und Winkel nach Kopp's Angabe):

	Hauptaxe <i>c</i>	Polkanten- winkel <i>A</i>	Atomvolum <i>v</i>
a) ZnO, CO ₂	<i>c</i> = 0,807	<i>A</i> = 107° 40'	<i>v</i> = 14,1 (38)
b) MgO, CO ₂	<i>c</i> = 0,812	<i>A</i> = 107 25	<i>v</i> = 13,8 bis 14,1 (36)
c) FeO, CO ₂	<i>c</i> = 0,819	<i>A</i> = 107 0	<i>v</i> = 15,0 (40)
d) MnO, CO ₂	<i>c</i> = 0,822	<i>A</i> = 106 51	<i>v</i> = 15,9 (39)
e) CaO, CO ₂	<i>c</i> = 0,854	<i>A</i> = 105 5	<i>v</i> = 18,4 (37)

Auch in dieser Reihe fallen die Gränzwerthe der Axen und Winkel mit den Gränzwertben der Atomvolumen zusammen; überdies stimmen sowohl die Axen und Winkel als die Volume von Zinkspath und Magnesitpath einerseits, von Eisenspath und Manganspath andererseits sehr nahe überein. Die von Mitscherlich beobachtete Ausdehnung und Winkeländerung am Kalkspath durch Erwärmung steht überdies mit der Aufeinanderfolge der Glieder der Reihe in Einklang; einer Vergrößerung des Volums durch Erwärmung entspricht auch eine Vergrößerung der Axe *c*, und eine Verkleinerung des Winkels *A*. Auf den ersten Anblick scheint daher obige Reihe die vorausgesetzte Abhängigkeit in jeder Hinsicht zu bestätigen. In der That ist auch wohl diese Reihe der erste Anlaß gewesen, eine Abhängigkeit der Axen und Winkel isomorpher Körper von der absoluten GröÙe ihres Atomvolums anzunehmen (Kopp, diese Annal. Bd. 52, S. 265).

Dennoch ist ein solcher Schluß unhaltbar, denn es ist leicht zu zeigen, daß diese Annahme, sobald man ihre Consequenzen etwas näher ins Auge faßt, sich als baarer Unsinn erweist.

191. Dieser Annahme zufolge sind die Atomvolumen sowie die Axen und Winkel der isomorphen Körper des-

halb nicht völlig gleich, weil sie nicht bei *entsprechenden* oder *correspondirenden* Temperaturen verglichen werden. Es müßte eine höhere Temperatur geben, bei welcher das Volum, die Axe und der Winkel des Magnesitpaths und Zinkspaths z. B. respective dem Volum, der Axe und dem Winkel des Kalkspaths, letztere bei gewöhnlicher Temperatur gemessen, gleich würden. Gehen wir der Consequenz dieser Ansicht bei den einzelnen isomorphen Gruppen etwas näher nach.

Die cubische Ausdehnung des Wismuths für 100° beträgt (Annal. der Chem. u. Pharm. (Bd. 81, S. 33) nach Kopp 0,0040 seines Volums bei 0° . Das Atomvolum des Wismuths (wir wollen das kleinere Atomgewicht zu Grund legen) ist 21,4 (139); das des Antimons 18,2 (138). Um wie viele Grade müßte das Wismuth abgekühlt werden, um mit dem isomorphen Antimon vergleichbar zu werden? eine fortwährend ebenso grofse Contraction des Wismuths mit der Abkühlung unter 0° vorausgesetzt, als seine Ausdehnung von 0° bis 100° beträgt. Da erfahrungsmäfsig die Contraction mit der Erniedrigung der Temperatur abnimmt, so werden wir demnach eine zu kleine Anzahl Grade als Resultat der Rechnung erhalten. Das Wismuth müßte sich nun durch Abkühlung um 15 Proc. seines Volums contrahiren, wenn sein Volum dem des Antimons gleich werden sollte, und dazu wäre jedenfalls eine Abkühlung um mehr als 3700 Grade erforderlich. Die cubische Ausdehnung des Antimons für 100° ist nach Kopp im Mittel $= 0,0033$ von dem Volum bei 0° . Berechnen wir, um wie viele Grade das Antimon erwärmt werden müßte, damit sein Volum gleich dem des Wismuths bei gewöhnlicher Temperatur würde; wir machen die Rechnung in der Voraussetzung, dafs die Ausdehnung sich gleich bleibe, und erhalten demnach eine zu hohe Temperatur, da die Ausdehnung mit steigender Temperatur erfahrungsmäfsig wächst. Die Rechnung ergibt etwa 5300° . Diefs Resultat ist zu grofs, 3700° war zu klein; der wahre Werth würde demnach zwischen beiden Zahlen liegen, d. h. das Wismuth

müßte um 3700 bis 5300° abgekühlt, oder das Antimon um so viel erwärmt werden, wenn die Volume beider Metalle gleich werden sollten, um so viel müßten ihre correspondirenden Temperaturen von einander abliegen! Die Winkel beider isomorphen Metalle differiren aber nur um 5 Minuten! Eine ähnliche Rechnung für das Arsen angestellt würde ergeben, daß die entsprechenden Temperaturen von Arsen und Antimon oder Wismuth so etwa 9000° bis 16000 Grade differiren. Von dem Tellur und Osmium-Iridium schweigen wir lieber, um nicht noch größere Zahlen zu erhalten.

Die cubische Ausdehnung des Eisenglanzes für 100° ist nach Kopp $0,0037$ seines Volums bei 0° . Sein Atomvolum ist $15,3$ (56); das des isomorphen Corunds ist $12,9$ (54), die Winkel differiren um $8'$. Sollte nun das Volum des Eisenglanzes gleich dem des Corunds werden, so müßte in Folge einer ganz ähnlichen Rechnung der Eisenglanz um 4000 bis 5000° abgekühlt oder der Corund um eben so viel erwärmt werden.

Das Atomvolum des Kalkspaths ist $18,4$ (37), das des Magnesitpaths $13,8$ (36). Ihre Winkel differiren um $2^{\circ} 20'$. Die cubische Ausdehnung des Kalkspaths durch die Wärme für 100° ist nach Kopp $0,0018$ des Volums bei 0° . Sollten beide Volume gleich werden, so ergiebt eine ähnliche Rechnung, daß eine Erwärmung des Magnesitpaths oder eine Abkühlung des Kalkspaths um einige 13000 bis 30000 Grade erforderlich wäre.

Diese Rechnungen können nicht genau seyn, aber sie sind zuverlässig genug, um zu zeigen, daß die Voraussetzung, wie sie gemacht worden ist, die Volume der isomorphen Körper würden bei correspondirenden Temperaturen gleich seyn, bei allen Gruppen zu einem Unsinn führt. Die Volume der isomorphen Körper müßten sich *sehr viel* näher liegen, als es der Fall ist, wenn eine solche Annahme statthaft seyn sollte.

192. Es ist ebenso die Frage zu untersuchen, ob die Winkel oder Axendifferenzen isomorpher Körper darin ih-

ren Grund haben können, daß die Körper nicht bei entsprechenden Temperaturen verglichen werden?

Nach Mitscherlich ändert sich der Winkel des Kalkspaths für 100° um $8'$. Sollte der Winkel desselben dem des Magnesitpaths in Folge von Temperaturveränderungen gleich werden, so verlangt die Rechnung unter ähnlichen Voraussetzungen als sie oben für die Ausdehnungen gemacht wurden, eine Temperaturerhöhung des Magnesitpaths oder eine Temperaturerniedrigung des Kalkspaths um 1700 bis 1800 Grade.

Aehnliches würde sich wohl für andere isomorphe Gruppen ergeben, deren Winkel ebenfalls um 2 bis $2\frac{1}{2}$ Grade in ihren äußersten Gliedern differiren. Die Rechnung ergiebt hier Temperaturänderungen, welche wenigstens nach einer Seite innerhalb der empirisch bekannten Wärmescala liegen; aber sie sind immerhin so groß, daß sie die Voraussetzung, die Winkel isomorpher Körper würden bei entsprechenden Temperaturen gleich seyn, nichts weniger als wahrscheinlich machen. Auch widerspricht der Umstand, daß die Winkel oder die Axen der rhomboëdrischen Metalle im Vergleich zu denen der rhomboëdrischen Oxyde, die Axen der rhombischen Sulfate im Vergleich zu denen der rhombischen Carbonate die verkehrte Ordnung befolgen. Auch die hier vorgelegte Frage ist demnach zu *verneinen*; auch die Winkel- und Axendifferenzen isomorpher Körper müßten *viel kleiner* seyn, als die Beobachtung ergiebt, wenn sie bei correspondirenden Temperaturen gleich werden sollten.

193. Es ergiebt sich vielmehr für isomorphe Körper eine ganz andere Beziehung. Isomorphe Paare sind, wie ich (diese Ann. Bd. 106, S. 240 bis 265) gezeigt habe, falls sie gleichem Typus angehören, sehr nahe *genau paralleloster*. Aus dem so häufigen Parallelosterismus isomorpher Gruppen ist aber der Schluß erlaubt, daß die Volume isomorpher Körper sehr nahe vergleichbar seyn müssen, daß also die *correspondirenden Temperaturen bei isomorphen Körpern nicht sehr weit von einander abstecken können*, oder mindestens,

dafs die Abstände der correspondirenden Temperaturen in allen Paaren entweder gleich oder nicht sehr verschieden sind.

Ganz analog liegen auch die correspondirenden Temperaturen flüchtiger Flüssigkeiten, z. B. die Siedepunkte, bei *homologen* Körpern nicht sehr weit von einander ab, und in entsprechenden Verbindungspaaren homologer Körper haben sie gleiche oder nahe gleiche Abstände.

194. Es ergiebt sich hiemit nun aber zugleich, dafs die Winkel und Axen-Differenzen isomorpher Körper nicht von der Verschiedenheit der correspondirenden Temperaturen bedingt seyn können, da jene Differenzen nur aus *sehr grossen* Unterschieden solcher Temperaturen zu erklären wären; sie sind daher nothwendig Functionen anderer Eigenschaften der Körper, da sie weder durch die Ungleichheit der correspondirenden Temperaturen noch der absoluten Atomvolumen bedingt werden.

Es ist bemerkenswerth, dafs sich dessenungeachtet die isomorphen Glieder einer Reihe in allen bis jetzt bekannten Fällen so gruppiren, dafs die *Gränzwerte* der Axen- und Winkel-Verhältnisse auch mit den *Gränzwerten* der Atomvolumen zusammenfallen, bald im directen, bald im verkehrten Sinn. Ebenso ist bemerkenswerth die nahe Uebereinstimmung sowohl der Axen und Winkel als der Atomvolumen der isomorphen Verbindungen von Zink und Magnesium, von Eisen und Mangan, von Blei und Strontium, von Eisenoxyd und Chromoxyd. Es sind diese Thatsachen gewifs nicht ein blofser Zufall, und auf dieselben zuerst aufmerksam gemacht zu haben (Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 36, S. 13 bis 18) bleibt Kopp's Verdienst, wenn auch die von ihm daraus gezogenen Schlüsse nicht haltbar sind.

Ich erkläre mir die Sache, wie folgt: die Eigenschaften der Glieder natürlicher Reihen, meist Triaden, wie Arsen, Antimon und Wismuth, Barium, Strontium, Calcium und Magnesium u. s. f. differiren am stärksten in den äufsersten Gliedern; z. B. die Eigenschaften des Arsens und Antimons, oder des Antimons und Wismuths liegen sich näher als die

Eigenschaften des Arsens und Wismuths. Ferner giebt es einige Körper, deren Eigenschaften sich überhaupt *sehr nahe* liegen wie Blei und Strontium, Chrom und Eisen, Eisen und Mangan u. s. f. Da nun isomorphe Gruppen fast immer von den Gliedern obengenannter natürlicher Reihen gebildet werden, denen sich einzelne aus jenen nahe verwandten einschalten, so spricht sich die grössere Differenz der Eigenschaften der äussersten Glieder jener Reihen sowohl in den Axen und Winkeln als in den Atomvolumen unmittelbar aus, ohne dass dadurch eine Abhängigkeit der Axen und Winkel von den Atomvolumen im mindesten angedeutet wäre. Ganz ähnlich befolgen auch die homologen Glieder der *organischen Reihen* in ihren Eigenschaften dieselbe Ordnung wie ihre absoluten Atomvolumen, ohne dass diese Eigenschaften in irgend einem Sinn Functionen jener absoluten Volume wären. Es hat sich bei jenen organischen Reihen vielmehr ein Parallelismus, ja eine Proportionalität der *Differenz* der Eigenschaften mit der *Differenz* der Volume ergeben. Aber auch ein solcher Parallelismus der Axen- und Winkeldifferenzen mit den Volumdifferenzen isomorpher Körper stellt sich nicht einmal für die Glieder der Triaden in oben mitgetheilten Gruppen heraus. Der grösseren Volumdifferenz entspricht nicht die grössere Axen- und Winkel-Differenz.

Auch für die *nahe Verwandtschaft* der Eigenschaften einzelner Körper wie Chrom und Eisen, Eisen und Mangan u. s. f. bieten die organischen Reihen ein Analogon in den isomeren Verbindungen mit gleichen oder nahe gleichen Eigenschaften dar.

195. Es bietet sich nun wohl zunächst die Frage dar, ob die kleine Verschiedenheit der Volume jener nahe verwandten Körper, wie Chrom und Eisen, wie Blei und Strontium nicht lediglich auf Rechnung einer Differenz der correspondirenden Temperaturen zu setzen sey? Ebenso drängt sich die fundamentale Frage auf, ob die Verschiedenheit der Volumdifferenzen isomorpher Körper in verschiedenen Gruppen, z. B. des Silbers und Natriums, des Kaliums und

Ammoniums in den Halogensalzen einerseits, in den Sulfaten andererseits (104) sich aus sehr verschiedenen Abständen der correspondirenden Temperaturen dieser isomorphen Paare in jenen verschiedenen Gruppen erklären lassen, oder ob zur Erklärung dieser Beziehungen verschiedene *Condensationszustände* des einen oder des anderen Elementes jener Paare zu Hülfe genommen werden müssen? Auf diese Fragen werde ich jedoch im Zusammenhang mit den *Condensationen* der Elemente in einer folgenden Abhandlung zurückkommen müssen.

196. Wird anerkannt, daß die correspondirenden Temperaturen isomorpher Körper im Allgemeinen nicht sehr weit von einander abliegen können, so wird dadurch auch begreiflich, daß sich so viele einfache Relationen der Volume bei den *Elementen* herausstellen, welche großentheils entweder regulär isomorph oder rhomboëdrisch isomorph sind.

197. Der in 193 abgeleitete Satz über die correspondirenden Temperaturen der Körper von gleicher Form scheint für alle Krystallsysteme gültig, mit Ausnahme des *regulären Systems*. Es scheint, daß regulär krystallisirende Körper von gleicher Form sehr weit auseinanderliegende correspondirende Temperaturen haben können. In der That schließt man aus der regulären Form allein nicht auf den Isomorphismus, wenn dieser nicht durch eine anderweitige Uebereinstimmung der Eigenschaften ausgesprochen ist.

Für *regulär isomorphe Körper*, im bisherigen Sinne des Worts, wird jedoch der Satz, daß ihre correspondirenden Temperaturen nicht sehr weit, und namentlich bei mehreren isomorphen Paaren nicht sehr ungleich weit auseinanderliegen können, ebenso wie für isomorphe Körper oder Paare anderer Systeme gültig bleiben.

Manheim, den 18. März 1859.

V. *Untersuchungen über die Ausdehnung der Krystalle durch die Wärme von Fr. Pfaff.*

II.

In derselben Weise, wie ich Bd. 104, S. 171 dieser Ann. mitgetheilt habe, stellte ich auch diesen Winter weitere Versuche über die Ausdehnung der Krystalle an, soweit ich mir eben dazu passende Stücke verschaffen konnte. Sie erstrecken sich nun über sämtliche Krystallsysteme, mit Ausnahme des ein- und eingliedigen, und über die verschiedensten chemischen Verbindungen, so dafs ich gegenwärtig 50 Ausdehnungscoefficienten krystallinischer Körper bestimmt habe.

Wenn diese Zahl auch immerhin noch viel zu klein ist, um alle Fragen über das Verhalten der Krystalle gegen die ausdehnende Wirkung der Wärme beantworten zu können, so lassen sich doch daraus mit Sicherheit bestimmte Schlüsse ziehen und einige Gesetze ableiten, die auch für die Lehre von der Wärme nicht ohne Bedeutung seyn dürften.

Ich theile daher zunächst wieder übersichtlich die Resultate meiner Messungen mit und bemerke dazu im Voraus Folgendes:

Bei den Krystallen des zwei- und einaxigen und drei- und einaxigen Systemes bedeutet c die Haupt-, a die Nebenachsen. Bei den Krystallen des rhombischen Krystallsystemes ist c die senkrecht angenommene, b die gröfsere, a die kleinere horizontale Axe, den Schwerspath und eben so den Cölestin in der von Haüy angenommenen Stellung gedacht, so dafs c senkrecht auf seinen Flächen P steht. Die Krystalle des zwei- und eingliedrigen Systemes habe ich ebenfalls nach drei auf einander rechtwinkligen Richtungen untersucht, wovon c und b die beiden von allen Krystallographen auf einander rechtwinklig angenommenen Axen bedeuten; a ist daher beim Adular auf der Kante

T:l, bei der Hornblende auf Kante *T:T*, beim Diopsid auf *k*, beim Gyps auf Kante *f:f* senkrecht angenommen. Bei den vier letzteren Krystallen wurde für die drei Dimensionen an ein und demselben Krystalle die Ausdehnung bestimmt, bei dem Topase die nach *a* und *c* an einem brasilianischen, die nach *b* an einem sächsischen Krystalle, beim Aragonit und Schwerspath wurde die Ausdehnung nach *c* an anderen Krystallen als die nach *a* und *b* gemessen, dagegen erlaubten es die Stücke Cölestin, Apatit (grüner von New-York) und Spatheisenstein wieder an *einem* die verschiedenen Richtungen zu untersuchen.

Auch dieses Mal habe ich jede Messung wenigstens zwei Mal angestellt und das Mittel aus denselben angegeben; die Abweichung von demselben war wieder wie bei der ersten Versuchsreihe äußerst gering; ich habe sie diess Mal nicht mit angegeben, dagegen eine neue Rubrik beige setzt, welche die kubische Ausdehnung, berechnet nach der linearen, enthält. Die Berechnung wurde in folgender Weise angestellt. Es wurde angenommen, ein Würfel des fraglichen Krystalles habe bei 0° gerade die Länge 1 nach allen drei Dimensionen, und nun berechnet, wie groß derselbe bei 100° werde, wenn er nach seinen drei Dimensionen *a*, *b*, *c* sich in der Weise ausdehnt oder zusammenzieht, wie es meine Messungen ergaben. Daraus findet man nun leicht die mittlere kubische Ausdehnung, wegen der ich übrigens noch einmal auf das im ersten Artikel Erwähnte verweise. Das geometrische Mittel, welches man auf diese Weise findet, weicht übrigens in den vorliegenden Fällen fast gar nicht von dem arithmetischen, durch einfache Addition der Ausdehnungscoefficienten erhaltenen ab. Wenn man meine Resultate mit denen nach einer ganz anderen Methode gefundenen Angaben über kubische Ausdehnung einzelner Krystalle von H. Kopp vergleicht, so wird man finden, daß sie im Ganzen sehr wenig differiren, für 1° erst in der sechsten Decimalstelle von einander abweichen ¹⁾.

1) Ich kann nicht umhin hervorzuheben, wie diese überraschende Uebereinstimmung unserer Resultate einen Beweis dafür liefert, mit welcher

Die Rubriken der folgenden Tabelle enthalten dieselben Daten, wie die in meinem ersten Artikel und bedürfen wohl keiner weiteren Erklärung; das — vor dem Ausdehnungscoefficienten bedeutet wieder eine Contraction. Der leichteren Uebersicht wegen sind auch die früheren Angaben mit hereingezogen.

Name des Krystalls	Länge	Differenz im Spiegel	Lineare Ausdehnung von 0°—100°	Kubische
A. Reguläres System.				
1) Granat	25,000	—23,5 ^{mm}	0,0008478	0,0025434
2) Flusspath	21,063	+25,5	0,0019504	0,0058512
3) Magneteisen	13,700	—13,5	0,0009540	0,0028620
4) Schwefelkies	23,954	—15,5	0,0010084	0,0030252
5) Bleiglanz	28,963	+31,5	0,0018594	0,0055782
6) Analcim	30,061	—23,5	0,0009261	0,0027783

B. Quadratisches System.

7) Zinnstein nach <i>a</i>	25,176	—44	0,0004526	0,001389
8) „ „ „ <i>c</i>	19,796	—34	0,0004860	
9) Vesuvian nach <i>a</i>	19,087	—15	0,0009628	0,002700
10) „ „ „ <i>c</i>	25,660	—29	0,0007872	
11) Zirkon nach <i>a</i>	9,924	—7	0,0011054	0,002835
12) „ „ „ <i>c</i>	16,156	—24	0,0006264	

C. Hexagonales System.

13) Beryll nach <i>a</i>	28,025	—65	—0,0000131	0,000105
14) „ „ „ <i>c</i>	32,765	—76	0,0001721	
15) Korund nach <i>a</i>	22,978	—35,5	0,0006551	0,001995
16) „ „ „ <i>c</i>	12,591	—18,5	0,0006875	
17) Turmalin nach <i>a</i>	14,928	—18,5	0,0007732	0,002181
18) „ „ „ <i>c</i>	25,050	—20	0,0009369	
19) Quarz nach <i>a</i>	18,111	+6	0,0015147	0,003840
20) „ „ „ <i>c</i>	41,200	—37	0,0008073	
21) Kalkspath nach <i>a</i>	20,590	—67	—0,0003105	0,002010
22) „ „ „ <i>c</i>	34,543	+92	0,0026261	
23) Spath Eisenstein nach <i>a</i>	26,726	—40	0,0005388	0,002688
24) „ „ „ „ <i>c</i>	13,494	+5	0,0016133	
25) Apatit nach <i>a</i>	15,051	—12	0,0010006	0,003123
26) „ „ „ „ <i>c</i>	21,410	—10	0,0011254	

bewundernswürdigen Genauigkeit und Sorgfalt dieser Forscher gearbeitet haben muß, indem er bei seiner Methode, die an Genauigkeit der meinigen unendlich weit nachsteht, bei der ein ganz kleiner Fehler in Bestimmung der Temperatur oder Wägung, nach seiner eigenen Angabe, den Ausdehnungscoefficienten gleich um $\frac{1}{2}$ ändert, doch so richtige Resultate gefunden hat.

Name des Krystalls	Länge	Differenz im Spiegel	Lineare Ausdehnung von 0°—100°	Kubische
--------------------	-------	----------------------------	-----------------------------------	----------

D. Rhombisches System.

27) Topas nach <i>a</i>	12,588	—16 ^{mm}	0,0008325	
28) „ „ <i>b</i>	15,111	—29,5	0,0008362	0,002137
29) „ „ <i>c</i>	21,813	—23	0,0004723	
30) Aragonit nach <i>a</i>	13,690	—11	0,0010781	
31) „ „ <i>b</i>	14,840	+ 5	0,0015903	0,005802
32) „ „ <i>c</i>	21,478	+78	0,0031358	
33) Schwerspath nach <i>a</i>	28,175	+ 4	0,0014311	
34) „ „ <i>b</i>	22,044	+39,5	0,0022519	0,005190
35) „ „ <i>c</i>	18,007	+ 4	0,0014904	
36) Cölestin nach <i>a</i>	19,578	+22	0,0019205	
37) „ „ <i>b</i>	16,814	+15	0,0018513	0,005261
38) „ „ <i>c</i>	17,000	+ 3,5	0,0014903	

E. Ein- und eingliedriges System.

39) Adular nach <i>a</i>	26,340	+13	0,0015687	
40) „ „ <i>b</i>	15,168	—45	—0,0000659	0,001794
41) „ „ <i>c</i>	18,112	—40	0,0002914	
42) Hornblende nach <i>a</i>	15,740	—19	0,0008119	
43) „ „ <i>b</i>	13,880	— 9,5	0,0000843	0,002845
44) „ „ <i>c</i>	19,276	—16,5	0,0009530	
45) Diopsid nach <i>a</i>	10,437	—14	0,0008125	
46) „ „ <i>b</i>	13,925	+ 7,5	0,0016963	0,002330
47) „ „ <i>c</i>	20,682	—62,5	—0,0001707	
48) Gyps nach <i>a</i>	25,144	+11,2	0,0015589	
49) „ „ <i>b</i>	14,841	+65	0,0036278	0,00750
50) „ „ <i>c</i>	21,975	+40	0,0022752	

Aus diesen hier mitgetheilten Angaben lassen sich nun folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Krystalle dehnen sich durch die Wärme meist sehr stark aus. Einzelne übertreffen selbst die am meisten sich ausdehnenden Metalle, von denen keines eine so starke lineare Ausdehnung, wie der Gyps z. B., erkennen läßt.

2. Eine Contraction nach einer Richtung findet im Ganzen sehr selten statt und erreicht nie die Größe der Ausdehnung nach anderen Richtungen. Sie ist stets sehr gering, im Maximum nur 0,0003 (Kalkspath), so daß im Ganzen immer eine Volumvermehrung der Krystalle erfolgt.

3. Ohne Ausnahme ist die Ausdehnung der Krystalle mit ungleichen Axen nach diesen ebenfalls ungleich.

4. *Die Gröfse der Ausdehnung steht in keinem Verhältnisse zu der Gröfse der Axen eines Krystalls.* Eine Vergleichung der Aufeinanderfolge der Axen, ihrer Gröfse und ihrem Ausdehnungscoëfficienten nach, zeigt diels fast in allen Fällen. So ist beim Schwerspath z. B. krystallographisch $a < b < c$, thermisch dagegen $a < c < b$, beim Topas ebenso, krystallographisch $a < c < b$, thermisch $c < a < b$.

5. *Isomorphe Körper dehnen sich nicht gleich aus.*

Ich konnte zwar nur aus zwei isomorphen Reihen vergleichende Versuche anstellen, nämlich an Kalkspath und Spatheisenstein, und an Schwerspath und Cölestin; an diesen zeigt sich das aber ganz entschieden. Der Kalkspath zeigt nach a eine Contraction, der Spatheisenstein eine Ausdehnung von 0,00054, ersterer nach c eine Ausdehnung von 0,00262, letzterer nur von 0,00161, beim Schwerpath ist die folgende Ausdehnung $a < c < b$, beim Cölestin $c < b < a$. Die kubische Ausdehnung ist in beiden Fällen übrigens ziemlich gleich, bei den beiden ersteren um 0,00068, bei den beiden letzteren nur um 0,00007 differirend. Ich mufs es vor der Hand noch unentschieden lassen, ob diels nur zufällig sey oder nicht, da ich gegenwärtig keine weiteren isomorphen Verbindungen untersuchen konnte. Eine Analogie bieten hiefür auch die optischen Verhältnisse, indem nach Sénarmont's Untersuchungen isomorphe Körper manchmal ebenfalls optisch ungleich sich zeigen.

6. *Das thermische und optische Verhalten der Krystalle steht nicht immer in einer bestimmten Beziehung zu einander.*

So weit es mir bis jetzt möglich war, meine Untersuchungen auszudehnen, fand ich für die Krystalle des hexagonalen Systemes allerdings ein merkwürdiges und constantes Verhältnifs zwischen den thermischen und optischen Axen. Alle optisch negativen Krystalle zeigen nämlich eine stärkere Ausdehnung in der Richtung der Hauptaxe, die optisch positiven dagegen ohne Ausnahme eine schwächere Ausdehnung nach der Hauptaxe. Allein schon bei den Krystallen des quadratischen Systemes zeigt sich das glei-

che Verhältniß nicht mehr constant; Vesuvian und Zinnstein haben ihre Stellung vertauscht, der optisch negative Vesuvian verhält sich thermisch wie Quarz und Zirkon, und der optisch positive Zinnstein wie der negative Kalkspath. Wiederholte Versuche, die ich namentlich mit einem ganz klaren, keine Risse zeigenden Vesuvian kürzlich anstellen konnte, haben mir genau dieselben Resultate, wie die früheren, ergeben. Auch die Krystalle des rhombischen Systemes zeigen kein constantes Verhältniß zwischen den thermischen und den Elasticitätsaxen. Von den vier von mir untersuchten Krystallen lassen nämlich zwei, Topas und Cölestin, eine ähnliche Beziehung zwischen jenen Dimensionen erkennen, wie die Krystalle des hexagonalen Systemes, daß nämlich die thermischen Axen in umgekehrter Reihe wie die optischen auf einander folgen; dagegen ist ein solches Verhalten bei Schwerspath und Aragonit nicht zu erkennen. Für die Elasticitätsaxen des Topas gilt nämlich die Folge $a > b > c$ ¹⁾, für die Ausdehnung $c > b > a$, für die ersteren des Cölestins $c > b > a$, für die letztere $a > b > c$. Dagegen zeigt der Schwerspath, der optisch wie Cölestin sich verhält, thermisch $a > c > b$, und der Aragonit, für den die Elasticitätsaxen die Folge $c > a > b$ erkennen lassen, zeigt die Ausdehnung $c > b > a$. Es geht aus den mitgetheilten Beispielen gewiß hervor, daß thermisches und optisches Verhalten nicht immer in einem bestimmten Zusammenhange zu einander stehen.

Wenn man die oben mitgetheilte Tabelle etwas näher betrachtet, so ergeben sich daraus einige Anhaltspunkte zur Beantwortung einer Menge anderer Fragen, die von großer Wichtigkeit für die Wärmelehre sind, die aber erst durch weiter ausgedehnte Untersuchungen vollständig gelöst werden können, und deren ausführlichere Besprechung ich mir für einen dritten Artikel vorbehalten muß. Es sind dieses alles Fragen, welche die kubische Ausdehnung betreffen. Die nächste, welche hier sich aufdrängt, ist die, wie verhalten sich die thermischen und chemischen Eigenschaften

1) d. h. die Elasticität ist am größten in der Richtung a .

der verschiedenen Verbindungen? Stehen beide in einem gewissen Zusammenhange? Darüber zunächst müssen die Versuche noch sehr vervielfacht werden; so weit ich es bis jetzt konnte, scheint sich das herauszustellen, dafs sich die Körper zu einzelnen Gruppen vereinigen lassen, welche eine, zwischen gewissen etwas weiteren Gränzen, schwankende kubische Ausdehnung erkennen lassen, der sich die verschiedenen einzelnen ähnlichen Verbindungen unterordnen, und zwar scheinen die Säuren hier das bestimmende Element zu bilden, so dafs kiesel-saure, schwefel-saure etc. Verbindungen unter einander sich ähnlich verhalten. Ein Gesetz möchte ich noch erwähnen, das aus meinen bisherigen Untersuchungen entschieden hervorgeht, nämlich das:

7. *Treten zwei Stoffe, deren Ausdehnungscoefficient bestimmt ist, zu einer Verbindung zusammen, so ist die Ausdehnung dieser geringer als sie der Berechnung nach seyn sollte.*

Es geht dieses schon sehr deutlich aus den Ausdehnungscoefficienten der Schwefelverbindungen hervor, die alle eine viel geringere kubische Ausdehnung zeigen, als man sie findet, wenn man nach ihrer procentigen Zusammensetzung die Ausdehnung berechnet, nach einer ähnlichen Formel, wie man das specifische Gewicht einer Verbindung berechnet aus dem specifischen Gewichte ihrer Bestandtheile. Bekanntlich findet auch hier meist eine Verdichtung, aber auch manchmal das Entgegengesetzte statt. Die Verringerung des Ausdehnungscoefficienten ist manchmal sehr bedeutend, doch habe ich bis jetzt kein Gesetz finden können, dem diese Verringerung folgt. Auch darüber werden vielleicht meine noch weiter auszudehnenden Versuche eine bestimmtere Auskunft geben können.

VI. *Anordnung und Eintheilung der Meteoriten; vom Freiherrn von Reichenbach.*

IX.

Es ist noch nicht lange her, wenige Jahrzehnte erst, daß wir kaum mehr als etwa ein Dutzend Meteoriten aufzuweisen wußten. Beim Anfang unseres Jahrhunderts machten Ensisheim, Siena, Agram, Barbotan, Mauerkirchen, Yorkshire, Eichstädt, L'Aigle, Stannern, und einige andere den ganzen gesicherten Schatz aus, den wir als Geschenk des Himmels anerkannt und verstanden hatten. Das waren der zweifelfreien Thatsachen so wenige, und diese unter sich so verschieden, daß daraus nur wenige verworrene Vorstellungen und all der unerquickliche Hader vorkommen konnte, mit dem unsere Erkenntniß vom Wesen der Meteoriten begann.

Anders ist dieß gegenwärtig, wo wir in Wien allein 156 verschiedene Luftsteine zur Untersuchung vor uns liegen haben, und im Ganzen wohl an 200 in den verschiedenen Naturaliensammlungen der wissenschaftlichen Welt vorhanden seyn werden. Jetzt hat die Erscheinung nicht bloß den Umfang gewonnen, indem sie sich in einer großen Anzahl von Vorkommnissen ausgesprochen hat, sondern sie hat auch den Inhalt erlangt, indem diese Vorkommnisse in mannichfaltigen Formen aufgetreten sind. Eine solche Anzahl von Objecten kann nicht mehr mit der Anschauung umfassen, noch weniger mit dem Gedächtnisse beherrscht werden; es ist daher nothwendig, daß wir unsere Auffassung durch formale Hülfsmittel unterstützen. Dieß geschieht durch die Anwendung der *Eintheilung*. Bis jetzt ist, meines Wissens, eine methodische Classification der Meteoriten und der in ihrem Gefolge auftretenden Erscheinungen nicht unternommen worden; man hat sich mit einer chronologischen Aufzählung der Fallzeiten oder mit einer trivialen Scheidung

in Steine und Eisenmassen begnügt. Auch was Hr. Shepard versucht hat (Sillim. Journ. T. II Ser. II S. 377) ist von den europäischen Naturforschern nicht gebilligt worden (Rammelsberg's Handwört. Suppl. V, S. 38), und eine sogenannte Verwandtschaftstabelle der Meteoriten, die Partsch in seiner Schrift: »die Meteoriten des k. k. Hofnaturalien Cabinets« aufgestellt hat, ermangelt einerseits eines Classificationsprincips, andertheils stützt sie sich auf unrichtige Begriffe. So theilt er die Meteorsteine ein in »anomale« und »normale«. Was ist aber ein anomaler, was ein normaler Aërolith? Welches ist die Norm, die der Natur für einen Himmelsstein vorgeschrieben ist? das streift wieder an die bekannte »Pathologie der Mineralien.« Mit welchem Grunde spricht man einer Anzahl Meteoriten normale Berechtigung ab und verweist sie so zu sagen in den Ausschufs des Anomalen? Gegen derlei Satzungen menschlicher Einbildung wehrt sich die Natur wie die Logik. Und unglücklicher Weise sind jene Meteoriten, denen Partsch den Rang der Normfähigkeit abspricht, wie Capland, Alais, Langres oder Chassigny u. a. gerade die interessantesten und wichtigsten, die wir haben. Ebenso ist seine Eintheilung in Steine und Eisenmassen nicht haltbar, da beide vielfach in einander verlaufen, ohne irgend eine Scheidegränze. Die Menge des angesammelten Materials aber, darin einerseits eine gewisse Einheitlichkeit seines *allgemeinen* Gepräges; anderseits eine Mannichfaltigkeit nach Form und Gehalt; die Aehnlichkeiten endlich, mit welchen die Individuen nach mancherlei Richtungen ihrer *besonderen* Ausbildung wieder unter einander sich nähern und gruppiren, Alles läuft allmählich so hoch an, dafs es uns durch eben so viele Momente zu geregelter Anordnung auffordert. Sie wird, nach naturhistorischen Grundsätzen entwickelt, uns gewisse Gesetze aufdecken, denen das Ganze wie die Einzelheiten der meteoritischen Erscheinungen unterstehen, und wird dazu beitragen, einige weitere Einblicke in ihr eigenthümliches Wesen zu thun.

Ein vollständiges und lückenlos zusammenhängendes

Syst
erw
vers
heite
gen
ihre
hinr
Best
gen
stell
nen
habe
derte
von
sitze
wir
samu
thün
Ums
den
kom
lung
nung
Grup
der
ganz
vers
sitz,
nam
nen
Reih
einer
ganz
soll,
zuse
char

System wird man indess von diesem ersten Versuche nicht erwarten. Die Meteoriten zeigen sich unter einander so verschieden, manche davon stehen nach ihren Beschaffenheiten noch so isolirt, dafs 200 derselben noch nicht Stoff genug gewähren, eine so weltumfassende Erscheinung nach ihrem ganzen Umfang darzustellen. Gleichwohl haben wir hinreichend Material zusammengebracht, um unter seinen Bestandtheilen Aehnlichkeiten hervortreten zu sehen, stark genug, um nach denselben Abtheilungen und Zusammenstellungen möglich zu machen. Wenn die Zahl der gewonnenen Meteoriten sich einmal auf einige tausend erhoben haben wird, und dieß kann vor Ablauf von zwei Jahrhunderten zu Stande kommen, dann werden wir Musterstücke von der ganzen Erscheinung in allen ihren Gliedern besitzen und können sie vollständig darstellen. Für jetzt haben wir nur erst so viel, um zu übersehen, dafs sie in sich Zusammenhang hat; dafs ihre Verschiedenheiten und Eigenthümlichkeiten sich wiederholen, unter den verschiedensten Umständen auftreten, an den entlegensten Orten und zu den entferntesten Zeiten in gleicher Weise zum Vorschein kommen. Wir sind bereits im Stande, solche Wiederholungen mehrfältig zu sammeln und beinahe idente Erscheinungen zusammenzubringen; wir vermögen Aehnliches in Gruppen zu vereinigen, und diese Gruppen zeigen wiederum der gemeinsamen Merkmale genug, um sie mit dem Bande ganzer Sippschaften umschlingen zu können.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, will ich es nun versuchen, alle Meteoriten, die ich theils durch eigenen Besitz, theils durch autoptische Benutzung fremden Eigenthums, namentlich der kaiserlichen Sammlung in Wien, näher kennen zu lernen Gelegenheit fand, zuerst in eine allgemeine Reihe zu bringen, welche fortlaufende Uebergänge von einem zu dem anderen zeigt, und in der das Material der ganzen Erscheinung ohne Ausnahme untergebracht werden soll, dann aber nach einem Classificationsprincip mich umzusehen, das eine naturgemäße Gliederung jener Reihe nach charakteristischen Merkmalen abzugeben im Stande wäre.

Zum Behufe einer *allgemeinen Reihe* nun glaube ich am besten zu thun, wenn ich mich zunächst an das grofse Gesetz in der Natur, an die Polarität und den von ihr bedingten Dualismus aller Existenz halte. Alles in dem weiten Weltall huldigt dieser gewaltigen und obersten Norm alles Daseyns und so gebietet sie auch über den Bestand der Meteoriten. Und da wir an ihnen mit einem anorganischen Gegenstande zu thun haben, dessen Wesen in seinen elektrischen Verhältnissen, seinen Krystallisationskräften und seinen chemischen Verwandtschaften begründet ist, so wird es wohl nur

das elektro-chemische Verhalten

seyn, das wir hier zum Eintheilungsgrunde für die Aufstellung einer klaren, geordneten und zusammenhängenden *Reihe der gesamten Meteoriten* wählen können.

Eine solche Reihe bildet sich, wenn wir die Aërolithen nach ihrem chemischen Bestande in elektronegative und elektropositive unterscheiden, mit dem einen Gliede von der stärksten Intensität des einen Poles des elektrischen Verhaltens beginnen, und durch alle zwischenliegende Glieder bis zu dem der gröfsten Intensität des anderen Poles fortschreiten.

Nun wissen wir, dafs die schweren Metalle sich alle elektropositiv gegen die Steine, gegen Sauerstoff, Schwefel, Kohlenstoff, Phosphor und andere verwandte Stoffe verhalten, die auf der negativen Seite stehen. Da dorthin namentlich das Eisen gehört, welches seiner Menge nach eine so vorwiegende Rolle bei den Aërolithen spielt, so gewährt uns dieses in vorliegender Beziehung einen brauchbaren Anhalt. Wir können ohne Bedenken sagen, dafs ein Meteorit um so mehr auf der elektropositiven Seite stehe, je mehr er im Verhältnifs zu anderen Bestandtheilen Eisen enthält. Aufser diesem ist es noch das Nickel, welches in einigermassen erheblicher Menge regulinisch in den Meteoriten vorzukommen pflegt. Diese Metalle haben aber, das Eisen 7,7 das Nickel 9,0 specifisches Gewicht, während die sauerstoff- und schwefelhaltigen Steine der Meteoriten nur

2 $\frac{1}{2}$, 3, bis gegen 4 wiegen. So finden wir dann, dafs bei der bekannten Zusammensetzung der meisten Meteoriten ihr elektrochemisches Verhalten um so negativer wird, je weniger sie specifisches Gewicht und je mehr sie blofs Steinbestand, d. i. Oxyde, dagegen um so positiver, je mehr sie specifisches Gewicht und freien regulinischen Metallbestand haben. So gelangen wir zu dem Vortheile, uns einfach an das specifische Gewicht der Meteoriten halten und ihr polares Verhalten geradezu von dem specifischen Gewichte ableiten zu können. Je geringer diefs ist, desto negativer wird sich ein Meteorit verhalten, und je gröfser, desto positiver wird er seyn.

Wohl dürfen wir nicht aufser Acht lassen, dafs die specifischen Gewichte, wie wir sie von den meisten Meteoriten von verschiedenen Beobachtern besitzen, nur innerhalb eines gewissen Spielraumes Genauigkeit und Richtigkeit haben können und deswegen nirgends als absolut zutreffend genommen werden dürfen. Kein Meteorit, nicht ein einziger, ist in allen seinen Theilen gleich; er ist ein breccienartiges Gemenge; ja er ist oft auf ganze kurze Abstände ganz ungleich verschieden. Das Eisen ist sehr ungleich darin vertheilt, häuft sich da und dort in einem Steinmeteoriten an, bildet einzelne Klümpchen von Hirsekorn bis Erbsengröfse, wie G. Rose im Meteorit von Wenden und ich in dem von Blansko gefunden haben; oder die Steine sind porös, bilden bisweilen viele kleine Höhlen wie Richmond, Jnvenas u. a.; oder sie sind ungleich dicht, bald zerreiblich und fast schwammig, gleich dichtem Bimssteine, wie Lontalax, bald dicht und steinig, wie Stannern, bald schliefsen sie eine Menge lockerer oder festerer Bröckchen ein, wie Mässing. Je nachdem nun Behufs der Abnahme des specifischen Gewichtes da oder dort ein Bruchstückchen abgezwickelt wird, wird das Ergebnifs der Wägung ein verschiedenes seyn, und diefs kann oft bedeutend wechseln. Ebenso sind Eisenmeteoriten in der Regel ein bewunderswerthes Geflechte von krystallinischen Bildungen verschiedener metallischer Legirungen, von ungleich eingesprengtem Chromeisen, Schwefeleisen,

Phosphoreisen, Graphit und olivinartigen Körpern. Hierin liegt dann der Grund, warum die Gewichtszahlen verschiedener Beobachter nirgends so wenig übereinstimmen, als bei Meteoriten. Diefs hat mich bewogen, mich bei Aufstellung der elektro-chemischen Reihe zwar in der Hauptsache an das specifische Gewicht zu halten, jedoch da und dort einige Decimalen der natürlichen Verwandtschaft der Steine unterzuordnen.

Da wo die specifischen Gewichte noch nicht bekannt sind, habe ich die ungewogenen Luftsteine denen von bekanntem Gewichte angereiht, mit welchen sie die meiste Aehnlichkeit des chemischen Bestandes oder des äufseren Ansehens haben.

Noch habe ich da, wo mir die Uebergänge nicht hinreichend stetig zu seyn scheinen, sondern wo ich eine Lücke oder einigen Sprung zu erkennen glaube, einen kleinen Abstand in der Aufstellung offen gelassen. Die Zukunft, die uns noch tausende von Meteoriten schenken wird, füllt ohne Zweifel diese Lücken nach und nach aus, und ehe ein Jahrhundert vergeht, werden sie gründlich und vollständig getilgt seyn.

Unter diesen Vorbehalten und Einschränkungen will ich es nun wagen, die mir bekannten Meteoriten sämmtlich in folgende Reihe zu bringen, welche von der Spitze *des negativen Poles bis zu der des positiven* fortschreitet.

Elektrochemische Reihe der Meteoriten.

Specifisches Gewicht.		Specifisches Gewicht.	
1,70	Alais.	3,11	Juvenas.
2,69	Capland.	3,11	Ohaba.
3,11	Bishopville.	3,07	Lontalax.
3,08	Jonzac.	3,09	Nobleborough.
3,07	Stannern.	3,17	Bialystok.
3,17	Constantinopel.	3,21	Mässing.

Specifisches

Gewicht.

3,39	Siena.
	Kaba.
3,26	Renazzo.
3,24	Borkut.
3,33	Pultawa.
3,36	Benares.
	Clarac.
	Little Piney.
3,47	Richmond.
3,39	Parma.
3,39	Oahu.
3,37	Poliz.
3,40	Zaborzica.
3,42	Bachmut.
3,45	Mauerkirchen.
3,46	Forsyth.
3,47	Lucé.
3,47	Salès.
3,48	Apt.
3,49	Charkow.
3,49	Kuleschofka.
	Czartorya.
	Chandakapur.
3,50	Lissa.
	Garz.
	Oesel.
	Aumières.
3,53	Glasgow.
	Kakova.
3,54	Milena.
3,58	Hartfort.
3,58	Nashville.
	Kikina.

Specifisches

Gewicht.

3,55	Vouillé.
3,55	Langres.
	Macerata.
3,44	Mainz.
3,47	Chantonnay.
3,43	L'Aigle.
3,49	Krasnoi-Ugol.
	Cereseto.
3,48	Ensisheim.
3,50	Madaras.
3,53	Bremervörde.
3,53	Weston.
3,54	Gütersloh.
3,55	Kursk.
	Favars.
3,47	Slobodka.
	Esnaude.
3,49	Berlanguillas.
3,54	Château-Renard.
3,55	Divina.
3,57	Utrecht.
3,60	Timochin.
3,60	Horzowitz.
3,60	Eichstädt.
3,61	Yorkshire.
3,61	Agen.
3,63	Doroninsk.
	Killeter.
	Okaninah.
3,64	Tipperary.
3,65	Limerick.
3,66	Liponas.

Specifisches
Gewicht.

3,66	Lixna.	
3,54	Simbirsk.	
3,64	Erxleben.	
3,70	Wenden.	
3,66	La Baffe.	
3,66	Nanjemoy.	
3,66	Asco.	
3,62	Barbotan.	
3,63	Sigena.	
3,63	Cabarras.	
3,65	Tabor.	
3,70	Blansko.	
	Heredia.	
3,70	Wessely.	
3,72	Grüneberg.	
	Tunga.	
3,71	Seres.	
3,71	Charsonville.	
3,73	Macao	
3,73	Toulouse.	
3,76	Girgenti.	
3,77	Ekatarinoslaw.	
4,61	Hainholz.	
6,52	Bitburg	Mittel 6,94.
6,56	Sachsen	
6,95	Pallas	
7,05	Atacama	
7,58	Brahin	
(5,00?)		

Specifisches
Gewicht.

	Tejupilco.	
	Xiquipilco.	
7,67?	Ocatitlan.	
(6,50)	Istlahuacan	
	Manji.	
	Bata.	
6,50	Tarapaca.	
6,82	Claiborne.	
6,83	Salt - River.	
7,07	Union County.	
7,10	Ruff.	
7,26	Cosby.	
7,30	Tazewell.	
7,30	St. Rosa.	
7,34	Seneca.	
7,38	Misteca.	
	Sevier.	
	Caryfort.	
7,50	Cap.	
7,55	Rasgata.	
7,55	Zacatecas.	
	Kamtschatka.	
	Chester.	
7,56	Tucuman.	
	Smithland.	
7,64	Caille.	
7,65	Bohumiliz.	
	Bruce.	
7,66	Seeläsgen.	
7,67	Guilford.	
7,69	Putnam.	
7,71	Hauptmannsdorf.	
7,72	Senegal.	
7,72	Burlington.	

Speci
Gew

7,
7,
7,
7,
7,
7,
7,
7,
7,
7,

zug
mit
Ano

veru
zeug
Unt
an
S. 5
dies
nich
ren
men

An
eine
eini
ber
vom
tro
in

S.
im
gev
nur

Specifisches
Gewicht.

7,73 Lénarto.
7,74 Elbogen.
7,76 Petropawlowsk.
7,77 Schwetz.
7,81 Arva.
7,82 Agram.
7,82 Red-River.
7,82 Texas.

Specifisches
Gewicht.

Lockport.
Carthago.
7,88 Bemdego.
7,88 Durango.
Madoc.
Löwenflufs.
Charlotte.
7,90 Ashville.

Der polaren Reihe, in der wir nun hier sämmtliche mir zugänglich gewordene Meteoriten vor uns sehen, und ihrer mit aller Sorgfalt und vielfachen Prüfungen hergestellten Anordnung sind wenige Erläuterungen hinzuzufügen.

Zunächst wird man den Meteoriten von *Simonod* darin vermissen; ich habe mich von seiner Aechtheit nicht überzeugen können und halte ihn nicht für Gegenstand dieser Untersuchung. Er trägt keine Merkmale eines Aërolithen an sich, und sein Herkommen ist nach Pogg. Ann. Bd. 36, S. 562 und Bd. 37, S. 460 so schlecht beglaubigt, dafs ich diesen fremdartigen schwarzen Körper für einen Meteoriten nicht anerkennen kann. Hr. Dumas hat zwar vor 22 Jahren in der Pariser Academie seine Untersuchung übernommen, sie ist aber niemals erschienen (*L'Inst. No. 141, pag. 17*).

Der Meteorit von *Alais* hat zwar Berzelius (Pogg. Ann. Bd. 33, S. 118) bei der trockenen Destillation aus einem ausgelaugten und wieder getrockneten Rückstande einiges wenige Wasser gegeben; doch beträgt der daraus berechnete Wasserstoff kaum über $\frac{1}{4}$ Proc. des Gewichtes vom ganzen Steine, kann also auf seinen Rang in der elektrochemischen Reihe nur geringen Einflufs nehmen und ihn in keinem Falle aus seiner Stellung verdrängen.

Das specifische Gewicht, das in Partsch »Meteoriten« S. 150 von Atacama, Pallas, Brahin, Sachsen und Bitburg im Mittel mit 6,94 angegeben ist, kann nicht vom Gesamtgewichte jedes dieser Aërolithen verstanden seyn und geht nur den Eisenbestandtheil davon an; diese, jeder in seiner

Gesamtheit, müssen bei weitem leichter seyn, und können 5 nicht übersteigen. Aehnlich verhält es sich mit den sechs Eisenmassen aus dem Tolucathale, die mit Einrechnung ihres Stein-, Graphit-, Schwefel-, Chloreisengehaltes nicht über 6,50 Gesamtgewicht sich erheben können.

La Baffe, Nanjemoy und Asco stehen wahrscheinlich etwas zu tief in der Reihe. Ihrem äußeren Verhalten nach sollten sie bei Little-Piney erscheinen. Ob ihr specifisches Gewicht, das sie so tief in der Reihe hinabrückt, ganz genau sey, wird dadurch einigermassen zweifelhaft.

Borkut wird mit einem specifischen Gewichte von 5,24 angegeben (Liebig's Jahrb. 1856, S. 912). Diefs ist unmöglich und wird ein Druckfehler statt 3,24 seyn.

Von dieser allgemeinen Anordnung aller Meteoriten zu einer Gesamtreihe haben wir uns zu einer *Eintheilung derselben, zu einer Lösung in Theile* nach naturwissenschaftlichen Bestimmungsgründen zu wenden. Ein oberstes Princip für dieselbe aufzustellen, ist weniger leicht, als es vielleicht scheinen möchte. Wir haben es hier mit einem Gegenstande zu thun, der nicht nur nicht einfach, sondern in höherem Grade zusammengesetzt ist, als die meisten anderen Naturkörper. Ein Meteorit ist in den meisten Fällen eine überaus verwickelte Zusammensetzung, erst hervorgehend aus den Wirkungen der chemischen Affinität der ins Gemische eingeführten entfernteren Elemente; dann aus deren Producten, den componirenden Mineralspecies; endlich aus dem Gemenge der näheren Bestandtheile, auf welche alle zuletzt noch die Kraft und die Weise der mechanischen Aggregation Einfluss übt. Aus dieser vielfachen Synthese heraus in rückläufiger Construction den Weg zu den bestimmenden Bedingungen zu finden, die dann als Eintheilungsgrund in Anwendung gebracht werden können, ist sicherlich weniger leicht, als bei jeder anderen naturwissenschaftlichen Disciplin descriptiver Art.

Das Natürlichste wäre nun wohl, mich an die Mineral-species zu halten, aus denen die Meteoriten zusammengesetzt sind, und dann mich damit an ein Mineralsystem anzuschließen, das die öffentliche Guttheilung besitzt. Allein damit würde ich, soweit die Sachen bis heute vorgerückt sind, nicht weit kommen. Wir haben noch so wenige Zergliederungen der Meteoriten in ihre *näheren* Bestandtheile; das was uns der Fleiß Howard's, Berzelius', H. und G. Rose's, Bergemann's, Rammelsberg's geliefert hat, ist noch so wenig zahlreich und zum Theil selbst noch, nach des Letzteren eigenem Ausspruche so unsicher, daß an eine Verwendung im Sinne einer Classification für jetzt nicht gedacht werden kann. Andere, etwa physische Merkmale, kommen uns nicht zu Hülfe, wenigstens keine von durchgreifendem Charakter.

Es wird daher kaum etwas besseres übrig bleiben, als den Weg einzuschlagen, den die Botaniker betraten, als sie das natürliche System in ihre Doctrin einführten. Noch heute, wie damals, hält man ihnen entgegen, daß sie kein oberstes Classificationsprincip für ihr System besitzen, und drängt man sie um Erklärung, so gestehen sie zu, daß ihre Eintheilung in natürliche Familien auf nichts Gründlicherem, als auf einem allerdings geistreichen Tatonnement beruhe. Das heißt, man sucht und findet nach dunkeln Begriffen das Aehnliche zusammen, schnürt es in Bündel und nennt es eine natürliche Familie. Wir wollen hier das Recht, in welches die Pflanzenleute sich gesetzt haben, für unsere ebenfalls nur descriptive Aufgabe in Anspruch nehmen und für unsere Eintheilung der Meteoriten der Bequemlichkeit des Tatonnements uns theilhaftig machen.

Dem zufolge schlage ich vor, die Meteoriten in Sippen einzutheilen und diese in Gruppen zu zerlegen. Bei den heutigen Mineralogen ist es häufig üblich geworden, sich für ihre Eintheilungen der Ausdrücke Familie und Geschlecht zu bedienen. Allein diese Bezeichnungen gehören der organischen Welt an, wo die Zeugungsverwandten geschlechts-

und familienweise zusammengehören; ein Stein wird wohl erzeugt, aber nicht gezeugt, und kann deswegen weder dem Geschlechte seiner Eltern, noch der Familie seiner Anverwandten angehören. Ich glaube daher, für die Luftsteine keine Geschlechtsregister eröffnen zu sollen. Auch ist die Zusammensetzung eines Aërolithen zu wenig bestimmt und zu ungenau begränzt, um auf ihr auch nur die Bezeichnungen von Gattung und Art mit Berechtigung anwenden zu können. Ich bediene mich also der Worte Sippe und Gruppe, als einer Bezeichnung von der ungebundensten Art, mit deren dehnbarem Bande man alles umschlingen kann, was einigermaßen durch Aehnlichkeit zu freier Vereinigung geeignet erscheint.

So schlage ich dann für den Gesamteintheilungsbegriff: Meteorit, Aërolith, Bätylie, Himmelsstein, Luftstein, als Classenbezeichnung vor den Ausdruck, mit dem ich beginne als

Erste Sippe.

In diese nehme ich die leichteren, von Gediogeneisen freien, mehrentheils weislichen, weissen oder hellgrauen mit glänzenden Rinden versehenen Meteoriten auf. Als Prototyp davon betrachte ich den Stein von Langres, auch Chassigny genannt. Er hat einen schwachen Stich ins gelblich Grünliche, ist aber sonst von ungewöhnlich einfacher Beschaffenheit, fast ohne Beigemenge, ein einfaches Mineral und verdient als solches die grösste Aufmerksamkeit unserer Scheidekünstler, da man von seiner Einfachheit auf die Zusammensetzung anderer Meteoriten gründliche Schlüsse machen kann. Ihn zunächst reiht sich der herrliche Stein von Bishopville an, der in grossen Partien mit Schneeweiss prangt und darauf durchsichtige farblose Rinde wie Glas zeigt. Die ganze Sippe ist nur klein und besteht aus folgenden wenigen Fallorten (Localitäten)

1. Gruppe:

Langres.

Bishopville.

Jonzac, Uebergangsglied.

2. Gruppe:

Juvenas.

Stannern.

Constantinopel.

Letztere drei sind sich so außerordentlich ähnlich nach dem äußeren Ansehen, daß sie selbst das Auge des Kenners kaum zu unterscheiden vermag. Damit stimmt auch nach Hrn. Rammelsberg's sorgfältiger Analyse der chemische Bestand überein, der zwischen Juvenas und Stannern kaum noch einigen Unterschied zeigt; Constantinopel aber ist ihnen bis zur Verwechslung gleich.

Die zweite Sippe

besitzt weißliche, bis ins blafsbläuliche ziehende Grundmasse, einiges jedoch wenig Gediogeneisen, häufiger fein eingesprengtes Schwefeleisen, ist meist etwas locker, öfters mehr oder minder zerreiblich, reich an fremdartigen Einschlüssen. Ihre Rinde ist, die Gruppe Lontalax ausgenommen, matt. Prototypisch sind die Steine von Mauerkirchen, Milena, Nashville oder Yorkshire, die in den Exemplaren, die ich davon besitze, kaum zu unterscheiden sind. Es gehören hieher, von dem feinern Korne zum gröbern fortschreitend:

1. Gruppe.

Ohne Einschluss von deutlichen *dunkeln* Kügelchen, höchstens hier und da ein einzelnes zerstreut:

Macerata.
 Vouillé.
 Nashville.
 Bachmut.
 Mauerkirchen.
 Glasgow.
 Kuleschofka.
 Zaborzica.
 Hartfort.
 Czartorya.
 Milena.
 Yorkshire.
 Forsyth.
 Politz.
 Aumières.
 Chandacapur.
 Kikina.
 Oesel.
 Charkow.
 Ekatarinoslaw.
 Kakova
 Garz.
 Apt.
 Asco.

Weißliche

Slobodka.
 Château-Renard.
 Toulouse.
 Girenti.
 Lissa.
 Killeter.
 Oahu.
 Cereseto.
 Favars.

bläuliche Unterart

2. Gruppe.

Kügelchen einschließend und davon grobkörnig:

Salès.	}	Uebergang
Parma.		
Lucé.	}	mit dunkelen Kügelchen
Nanjemoy.		
Clarac.		
Benares.		
Utrecht.		
Little Piney.		
La Baffe.		
Timochin.		
Divina.		
Horzowitz.		
Eichstädt.		
Richmond.		
Pultawa.		
Siena.	}	dunkle und helle Kügelchen gemengt.
Lontalax.		
Nobleborough.		
Bialystok.		
Mässing.		

Diese Sippe ist die bei weitem zahlreichste; die erste Gruppe besonders wiederholt sich so oft, daß man sie als die gewöhnlichste Sorte von Meteorsteinen ansehen muß. Die meisten davon sind sich untereinander so ähnlich, daß selbst das Kennerauge sie auf dem Bruche oftmals nicht von einander zu unterscheiden im Stande ist. Dahin gehören die Steine von Nashville bis Asco, deren nicht weniger als vier und zwanzig an der Zahl. Am Ende nimmt die Gruppe einen Stich ins Bläuliche an, der wohl nur eine Spur von Grau ist. Das feinste und reinste Glied davon ist Macerata.

In der zweiten Gruppe werden die Steine auf dem Bruche rauh bis grobkörnig. In die weiße Grundmasse sind reichlich dunkelgraue Kügelchen eingelagert, die sich absondern und auflösen lassen und dann eine Kugelschale hinterlassen.

Sie gehen von Staubfeinheit durch alle Abstufungen bis zu Erbsen- und Bohnengröße. In der zweiten Art gesellen sich noch Kügelchen von andern Farben hinzu, hellgraue, hellbraune, hellgelbe u. s. w. Die vier letzten Aërolithen sind einander in den Handstücken, die ich sah, so außerordentlich ähnlich, daß ich außer Stande bin, sie irgend von einander zu unterscheiden. Mein eigenes Exemplar von Lontalax verdanke ich der Gefälligkeit des Professors v. Bonsdorff zu Helsingfors, der es mir, unmittelbar abgebrochen von dem Hauptstücke bei der dortigen Universität, überschickte; es ist außer allem Zweifel ächt. Und da deren wenig ins Publicum gekommen, der Stein daher sehr geschätzt ist, so ist an eine Fälschung bei den anderen nicht zu denken. »Desto auffallender und merkwürdiger muß die bis zur Gleichheit gehende Aehnlichkeit von so hoch zusammengesetzten Luftsteinen seyn, wie die vier genannten es sind, man muß bei ihrem Anblicke glauben, sie seyen alle von Einem Stücke abgeschlagen.«

Die dritte Sippe

sind die Meteoriten, die zunächst durch fein eingestreutes Eisenoxyduloxyd mit grauer Farbe ins Auge fallen. Sie sind fester, als die vorangegangenen, nicht zerreiblich, besitzen ungleich mehr Eisen, enthalten weniger Schwefelkies, und haben ein größeres specifisches Gewicht.

Sigena.

Macao.

Charsonville.

Esnaude.

Berlanguillas.

Liponas.

Gütersloh.

Weston.

Okaninah.

Tipperary.

Limerick.

L'Aigle.

} Fleckig

Seres.
Madaras.
Bremervörde.

Agen.
Doroninsk.

Lixna.
Cabarras.
Grüneberg.
Heredia.
Blansko.
Tabor.
Barbotan.
Wessely.
Krasnoi-Ugol.
Kursk.
Tunga.

Dunkelgrau

Ohaba.
Borkut.

Die drei erstern sind hellgrau; beide folgenden mittelgrau, feinkörnig; dann folgen die Gefleckten, deren Grundmasse bald bläulichweiss, bald grau in scharf abgegränzten grösseren Flecken ist, so dass sie das Aussehen haben, als ob Bruchstücke dieser und der vorangehenden Sippe zusammengekittet wären; sie bilden dadurch den Uebergang zwischen beiden; diess ist besonders bei den drei ersten, von Liponas bis Weston der Fall. Von Okaninah bis L'Aigle sind die Flecken marmorartig wie umflossen. Seres bis Bremervörde schliessen weissliche Trümmer in dunklen Grunde ein. Agen und Doroninsk haben gleichfarbig graue Flecken. Darauf kommen elf ähnliche dunkelgraue Steine. Den Beschluss machen zwei einfarbig tiefgraue Meteoriten.

Die vierte Sippe

umschliesst die grünen Luftsteine. Die chemische Ursache

dieser Färbung ist noch nicht ermittelt und könnte von einer Nickel- oder Chromverbindung oder — weniger wahrscheinlich — von Eisenoxydul herrühren. Sie sind

Ensisheim

Simbirsk

Wenden

Erxleben

} Sehr ähnlich

Auch Charsonville und Oahu, die früher eingereiht sind, haben einen Stich ins Grüne; ebenso Hainholz. Ensisheim steht einigermassen vereinzelt da; es findet nicht seines Gleichen unter den Meteoriten. Am nächsten kommt ihm noch Simbirsk, aber der Abstand bleibt immer noch merklich. Wenden und Erxleben sind sich einander bis zur Gleichheit ähnlich und kaum zu unterscheiden. Simbirsk steht ihnen sehr nahe, entbehrt aber ihres Glanzes.

Die fünfte Sippe

soll die stark kohlehaltigen Meteoriten vereinigen. Sie sind alle schwarzbraun und schwarz, und zeigen damit, dafs es nicht blofs Kohlenstoff, sondern wirklich Kohle ist, die in ihnen eine so vorragende Rolle spielt. Die seltenen hiehergehörigen Fallorte sind:

Alais.

Capland.

Kaba.

Renazzo.

und bilden eine gut ausgesprochene Reihe von undeutlicher zu deutlicherer Ausbildung.

Die sechste Sippe

nimmt einige wenige Steine auf, welche in ungewöhnlicher Weise derbe, gröfsere braune Antheile enthalten, die kein Erzeugniß der Verrostung seyn können, nämlich

Chantonnay.

Mainz.

Chantonnay ist von Berzelius aufs sorgfältigste untersucht

worden; er läßt uns aber im Ungewissen über die Ursache der tiefbraunen Färbung, welche große über ihn verbreitete Flecke in so eigenthümlicher Weise enthalten ¹⁾. In Mainz wiederholt sich dieselbe Erscheinung, die nicht von späterer terrestrischen Verwitterung herrühren kann, sondern in der ursprünglichen Beschaffenheit des Gemenges liegt. Dieser gleicht jenem in mehrfacher Betrachtung und sieht äußerlich mehr einem armen Brauneisensteine, als einem Meteoriten ähnlich; im Wiener kais. Mineralien-Cabinete fand ich ihn durch dessen Vorstand von den Meteoriten ausgeschlossen, als unächt erklärt. Ein einfacher Anschliff zeigt was er ist: ein wohlcharakterisirter Meteorstein, der nicht verworfen werden kann.

Die siebente Sippe

erstreckt sich über Meteoriten, die durch Vermengung von steiniger Substanz und regulinischem Eisen die Zwischenglieder zwischen Steinmeteoriten und Eisenmeteoriten bilden. Sie sind der Reihe nach von Stein zum Eisen fortschreitend, folgende:

1. Gruppe.		2. Gruppe.	
Atacama.	} mit den schönsten Olivinen	Manji.	} die Tolucesen
Pallas.		Tejupilco.	
Sachsen.		Xiquipilco:	
Brahin.		Bata.	
Bitburg.		Ocatitlan.	
		Istlahuacan.	

1) Ich vermag mich hiebei eines Zweifels nicht zu erwehren, ob Berzelius auch wirklich einen ächten Chantonay bearbeitet habe. Er schildert ihn von Grundmasse theils schwarz, theils dunkelgrau mit schwarzen Streifen und ziemlich viel eingesprengtem Eisen. Das alles paßt nicht auf alle die Chantonnay, die ich gesehen habe. Die Grundmasse finde ich kastanienbraun, nirgends weder schwarz noch grau und ohne schwarze Streifen; eingesprengtes Eisen sehe ich verhältnißmäßig nur wenig, wie dieß auch das für einen so dichten Stein nur geringe specifische Gewicht von 3,47 bestätigt. Sollte Berzelius einen andern Meteoriten für einen Chantonay erhalten haben? Dieß wäre der Wichtigkeit seiner Analyse wegen ungemein zu bedauern und ein beruhigender Aufschluß hierüber, wenn noch möglich, sehr zu wünschen.

Hainholz trägt noch das äufere Ansehen eines Steinmeteoriten, steht aber durch seinen hohen Eisengehalt und sein daraus hervorgehendes spec. Gewicht mit 4,61 (Wöhler) weit davon ab. Er unterscheidet sich von der ihm folgenden Pallaschen Gruppe nur durch gröfsere Feinheit seines Kornes. Diese begreift in sich alle die so sehr ähnelnden fünf Olivinträger, in zackiges Eisen eingefafst, das angeätzt eine eigenthümliche Art Widmannstettenscher Figuren mit sogenannten Fortificationszeichnungen besitzt.

Die sämmtlichen im Tolucathale gefundenen Eisenmeteoriten enthalten neben grofsen Graphiten und Schwefel-eisen kleine, sofort bis bohngrofse Körner von Olivin, und bilden den Uebergang zu den Eisenmassen.

Die achte Sippe

umschließt die Eisenmassen mit Widmannstettenschen Figuren. Sie sind hier geordnet von den gröbereren zu den feineren krystallinischen Bildungen fortschreitend, und sind sich so ähnlich, dafs sie nur Eine Gruppe ausmachen.

Mit Widmannstetten.

Seeläsgen.	Durango.	Caille.
Bemdego.	St. Rosa.	Lénarto.
Bohumiliz.	Buff.	Sevier.
Bruce.	Seneca.	Elbogen.
Union - County.	Carthago.	Ashville.
Cosby.	Schwetz.	Agram.
Madoc.	Texas.	Löwenflufs.
Misteca.	Lockport.	Tazewell.
Burlington.	Red-River.	Charlotte.
Guilford.	Petropawlowsk.	Putnam.

Die krystallinischen Streifen von Putnam und Charlotte haben nahezu den achten Theil der Breite derer von Seeläsgen, Bemdego und Bohumiliz; die von Putnam erreichen

kaum einen halben Millimeter Breite; während die von Bohumiliz vier, fünf, ja manche bis auf sechs Millimeter Breite sich verdicken; Putnam schaut sich so fein an, genau wie die Markstrahlen von Birnbaumholz auf der Spiegelseite; in Seeläsen aber schwellen sie mitunter auf mehr als einen Centimeter an. Trotz ihrer schönen Krystallfiguren; ihrer Kiese und Graphite sind sie doch die gemeinen unter den Eisenmeteoriten, die immer nur dieselben Beschaffenheiten an sich tragen. Die nämlichen Figuren zeigt ein größeres Eisenkorn im Blansko-Steinmeteoriten.

Die neunte Sippe

vereinigt alle Eisenmeteoriten ohne Widmannstettensche Figuren und damit die mannichfaltigsten und interessantesten Bildungen, über welche wir die Aufschlüsse von der Zukunft hoffen müssen.

1. Gruppe. Uebergangsglieder.
Caryfort (de Kalb County).
Zacatecas.
2. Gruppe. Weisses Eisen in feinen Nadeln und Punkten.
Cap.
Rasgata.
Salt-River.
Kamtschatka.
3. Gruppe. Weisses Eisen in regellosen Klumpen.
Chester.
Arva.
Caille (im kais. Cabinet)
4. Gruppe. Eisenmassen mit untergeordneten geradlinigen Schnitten.
Tucuman (Otumba.)
Senegal.

Mit regellosen Linien, Schnitten, Kieflecken, Punkten glänzenden und trüben Stellen ohne erkennbare Ordnung:
Claiborne.

5. Gruppe. Ganz zeichnungslose auf der polirten
angeätzten Oberfläche:

Tarapaca (Darlington.)

Green County.

(?) Hauptmansdorf (Braunau.)

Smithland.

Die erste Gruppe, in welcher Caryfort und Zacatecas sich befinden, ist nicht ohne gewisse Lineamente, welche den Widmannstettenschen Figuren einigermassen entsprechen, aber in veränderter unausgebildeter, und durch die Verflechtung mit vielen Schwefelkiesen gestörter Weise.

Die zweite Gruppe mit Cap, Rasgata, Salt-River und Kamtschatka sieht nach dem Anätzen einem Meteoriten gar nicht ähnlich und die Eisen davon sind bisweilen gar nicht für Meteoriten anerkannt worden. Wenn man sie aber genau untersucht so gewahrt man äußerst feine weißliche Nadeln und Fleckchen bald liegend, bald im Querschnitte als glänzende Punkte, welche von der Säure nicht angegriffen werden. Ihre chemische Constitution ist noch nicht erforscht.

Die dritte Gruppe mit Chester und Arva zeigt dieß weißliche Eisen unordentlich durch die Masse zerstreut, nicht in regelmässigen Gestalten, sondern formlos klumpig eingelagert. Ein ähnlicher Fall tritt mit Caille ein; einige Exemplare sah ich ganz regelmässig mit Widmannstettenschen Figuren überzogen, eins aber im kaiserlichen Cabinet zeigt auf der Aetzfläche klumpiges Weißseisen 5 bis 6 Millimeter dick.

Die vierte Gruppe mit Tucuman und Senegal entwickelt zwar unter der Säure ein moirirtes Geflimmer, das man auch sonst zwischen den Widmannstettenschen Figuren öfters trifft, allein sonst keine regelmässige Bildung, wohl aber räthselhafte Einschnitte mitten im Eisen nach allen Richtungen.

Claiborne steht allein da. Die Beziehungen, welche unter seinen regellosen Linien, Schnitten, Kiesflecken u. s. w. stattfinden, sind noch ganz unerforscht.

Die fünfte Gruppe mit Tarapaca, Green County, Hauptmannsdorf und Smithland fällt nach dem Aetzen durch völlige Formlosigkeit auf; doch hat man an Hauptmannsdorf bei vorsichtiger Behandlung feine dicht nebeneinanderliegende, gerade Linien entdeckt, die parallel durch die ganze Schnittfläche laufen, ähnlich den Nerven an einem monocotylen Blatte. Tarapaca enthält nach Darlington Kügelchen von regulinischem Blei.

In die interessante Mannichfaltigkeit und Verschiedenheit der Bildungen dieser Sippe erfordert es ein näheres Eingehen, um die Lehren daraus zu ziehen, die sie uns zur Beurtheilung ihrer Entwicklung geben; ich hoffe später darauf zurückzukommen.

* * *

Schließlich will ich die Gesammtheit der hier behandelten Meteoriten, wie sie in meiner Sammlung vorhanden sind, nebst einer kleinen Anzahl aus dem kaiserlichen Hofmineralien Cabinet zu Wien, soweit sie mir zugänglich waren, nach der Ordnung der hier entwickelten Sippen und Gruppen gedrängt zu Einer Tafel zusammenstellen.

Eintheilungstafel

der Meteoriten der Reichenbach'schen Sammlung, naturhistorisch nach äußeren Merkmalen geordnet.

I. Sippe. Steine frei von regulinischen Metallen:

1. Gruppe. Langres.

Bishopville.

Jonzac.

Uebergangsglied.

2. Gruppe. Juvenas.

Stannern.

Constantinopel.

II. Sippe; mit weiflicher Grundmasse.**I. Gruppe. Macerata.**

Vouillé.

Nashville.

Bachmut.

Mauerkirchen.

Glasgow.

Kuleschofka.

Zaborzica.

Hartfort.

Czartorya.

Milena.

Yorkshire.

Forsyth.

Poliz.

Aumières.

Chandacapur.

Kikina.

Oesel.

Charkow.

Ekatarinoslaw.

Kakova.

Garz.

Apt.

Asco.

Weifliche mit
leichten Ein-
schlüssen.

Slobodka.

Château Renard.

Toulouse.

Girgenti.

Lissa.

Killeter.

Oahu.

Cereseto.

Favars.

Bläulich weif-
liche

2. Gruppe.

Salès.

Parma.

Lucé.

Nanjemoy.

Clarac.

Benares.

Utrecht.

Little - Piney.

La - Baffe.

Timochin.

Divina.

Horzowiz.

Eichstädt.

Richmond.

Pultawa.

Weißsliche mit
dunkeln Kügel-
chen; rauhe

Siena.

Lontalax.

Nobleborough.

Bialystok.

Mässing.

Weißsliche mit
dunklen und
hellen Kügel-
chen gemengt

III. Sippe; Graue

Sigena.

Macao.

Charsonville.

Esnaude.

Berlanguillas.

Liponas

Gütersloh.

Weston.

Okaninah.

Tipperary.

Limerick.

L'Aigle.

Grau und weiß
gefleckte

Seres.
Madaras.
Bremervörde.

} Weifslische Ein-
schlüsse

Agen.
Doronisk.

Lixna.
Cabarras.
Grüneberg.
Heredia.
Blanskö.
Tabor.
Barbotan.
Wessely.
Krasnoi-Ugol.
Kursk.
Tunga.

} Dunkelgrau

Ohaba.
Borkut.

IV. Sippe. Grünliche:

Ensisheim.
Simbirsk.
Wenden.
Erxleben.

} Sehr ähnlich

V. Sippe. Die Kohligen:

Alais.
Capland.
Kaba.
Renazzo.

VI. Sippe. Die rostbraunen:

Chantonnay.
Mainz.

VII. Sippe; die Mittelglieder zwischen Stein und Metall:
Hainholz. Uebergangsglied

- | | | | |
|------------|--------------|---|----------------------------|
| 1. Gruppe. | Atacama. | } | Mit reinem
Olivine |
| | Pallas. | | |
| | Sachsen. | | |
| | Brahin | | |
| | Bitburg. | | |
| 2. Gruppe. | Istlahuacan. | } | Mit Steinein-
schlüssen |
| | Ocatitlan. | | |
| | Bata. | | |
| | Xiquipilco. | | |
| | Tejupilco. | | |
| | Manji. | | |

VIII. Sippe; die krystallinischen Metalle mit Leisten von
Nickeleisen.

Seeläsgen.
Bemdego.
Bohumiliz.
Bruce.
Union-County.
Cosby.
Madoc
Misteca.
Burlington.
Guilford.
Durango.
St. Rosa.
Ruff.
Seneca.
Carthago.
Schwetz.
Texas.
Lockport.
Red-River.

Petropawlowsk.

Caille.

Lénarto.

Sevier.

Elbogen.

Ashville.

Agram

Löwenflufs.

Tazewell.

Charlotte.

Putnam.

IX. Sippe; die Metalle ohne Widmannstetten'sche Figuren.

- | | | |
|------------|---|---|
| 1. Gruppe. | Caryfort.
Zakatecas. | } Uebergangs-
glieder |
| 2. Gruppe. | Cap.
Rasgata.
Salt-River.
Kamtschatka. | } Mit Nadeln und
Punkten |
| 3. Gruppe. | Chester.
Arva. | } Mit Klumpen
von Weifseisen |
| 4. Gruppe. | Tucuman.
Senegal. | } Mit Schnitten |
| | Claiborne. | unbestimmt |
| 5. Gruppe. | Tarapaca.
Green County.
Hauptmannsdorf.
Smithland. | } innerlich
anscheinend
gestaltlos. |

VII. *Ueber das Ausströmen brennbarer Gase;*
von W. Barentin.

Wenn ein brennbares Gas aus einem Rohre strömt, dann angezündet wird und nun mit oder ohne Cylinder brennt, oder wie in der chemischen Harmonika tönt, so ist die Ausflusgeschwindigkeit in allen diesen Fällen verschieden, wofern Druck und Röhrenmündung sich nicht ändern. Die Versuche, aus denen sich dieß ergab, wurden mit dem zur öffentlichen Beleuchtung dienenden Gase angestellt und zwar auf zweierlei Weise. Anfangs wurde das Gas in eine tubulirte Glocke gebracht, durch deren Tubulus luftdicht ein Glasrohr mit enger Mündung ging; ihr cylindrischer Theil war von unten auf in Zolle getheilt und der oberste Theilstrich mit 0 bezeichnet. Wurde nun die Glocke in einen sehr weiten mit Wasser gefüllten Glascylinder so gesenkt, daß der Nullpunkt ihrer Theilung im Wasserspiegel lag, was sich durch ein passendes Gestell leicht erreichen liefs, so strömte das comprimirte Gas aus, während das Wasser in der Glocke stieg und im Cylinder entsprechend sank. Hier wurde es vor jedem Versuch durch behutsames Nachgiefsen so lange auf dem Nullpunkt erhalten, bis das Wasser in der Glocke an einen bestimmten Theilstrich trat, z. B. 3 Zoll, d. h. bis das Gas unter einem Druck von 3 Zoll stand; dann hörte das Nachgiefsen sofort auf, und es wurde mittelst einer Sekundenuhr die Zeit beobachtet, in welcher das Wasser in der Glocke um eine zuvor festgesetzte Höhe stieg. Indem so die Zeit bestimmt wurde, in welcher dasselbe Gasvolumen unter denselben Druckverhältnissen aus der nämlichen Oeffnung strömte, liefs sich aus der Umkehrung des Verhältnisses der Zeit das der Geschwindigkeiten ableiten.

Aus mehreren bei 18° R. und 337^m Barometerstand, mit den Steighöhen 1, 1 $\frac{1}{4}$ und 2 Zoll, ausgeführten Versuchsreihen ergab sich, daß, wenn man die Geschwindigkeit

des frei aus einem Glasrohr strömenden Gases = 1 setzt, die des brennenden 0,74 und in der chemischen Harmonika 0,70 ist.

Um diesen Versuchen mehr Mannichfaltigkeit geben zu können, wurden sie mit einem Gasmesser fortgesetzt, dessen Zeiger einen Umlauf vollendete, wenn 0,1 Cubikfuß Gas durch den Apparat gegangen war. Derselbe hatte an dem messingenen Ausflusrohr ein Manometer und darunter einen Hahn zur Regulirung des Druckes. Zunächst wurde ein gewöhnlicher Fledermausbrenner aufgeschraubt, aus welchem 0,1 Cubikfuß Gas bei 4 Linien Wasserdruck in durchschnittlich 73,25 Sekunden ausströmte; nach dem Anzünden des Gases wuchs aber die Ausflufszeit mit der Erhitzung des Messingrohres und wurde erst constant, nämlich 130,5 Sekunden im Mittel, als die Temperatur des Rohres ein Maximum erreicht hatte. Nach dem Auslöschen der Flamme verringerte sich die Ausflufszeit wieder und ging nach völligem Erkalten auf die frühere zurück. Hieraus folgt, daß, *wenn man das Gas aus einem Metallrohr erst frei, dann angezündet strömen läßt, sich die Geschwindigkeiten wie 130,5 : 73,25, d. h. wie 1 : 0,56 verhalten.* Temperatur und Barometerstand schwankten während dieser und der folgenden Versuche zwischen 15 bis 17° R. und 336 bis 342 Linien.

Um den Einfluß eines als Schornstein wirkenden Cylinders auf die Geschwindigkeit der Ausströmung zu ermitteln, wurde ein Argand'scher Brenner mit 16 Löchern, der die Form einer Schiebelampe hatte, angewandt. Aus diesem floss 0,1 Cubikfuß unter 4" Druck aus:

bei freier Ausströmung in	73,9 Sek.,	daraus die Geschwindigkeit	1
nach dem Anzünden in	110,2	" " "	0,67
nach Aufsetzen d. Cylinders in	101,0	" " "	0,73
nach Abnahme d. Cylinders in	110,6		

Auch hier bezeichnet 110,2 die Zeit des constanten Ausflusses, welcher eintritt, wenn nach dem Anzünden der Brenner seine höchste Temperatur angenommen hat. Vergleicht man ferner die Zahlen der letzten Verticalreihe, so stellt

sich zunächst die Geschwindigkeit des brennenden Gases hier grösser heraus als im vorigen Fall, wo sie nur 0,56 betrug. Diefs hat aber unzweifelhaft seinen Grund darin, dafs an der Schiebelampe die Flamme von vielen Metalltheilen umgeben ist, welche einen Theil Wärme ableiten, und das Ausflufsrohr kühler erhalten als der Fledermausbrenner. Wie sehr die Temperatur des Rohres von Einflufs ist, ergiebt ein Versuch, bei welchem 0,1 Cubikfufs in $11\frac{1}{2}$ Minute ausströmte, als die Flamme auf einem kalten Glasrohr brannte; nach dem Erhitzen der Röhre durch eine Spirituslampe waren dagegen 16 Minuten erforderlich. Die letzte obige Zahl 0,73 endlich zeigt, *dafs durch einen Cylinder über der Flamme die Ausströmung merklich beschleunigt wird.*

Zu der Untersuchung über tönende Flammen mußten Glasröhren mit enger Oeffnung angewandt werden; wenn aber aus einer solchen lange Zeit eine Flamme brennt, so wird die Spitze glühend und die Mündung verändert sich allmählich, daher nur die unmittelbar sich folgenden Versuche vergleichbar sind. Es wurde deshalb eine jede Reihe mit der Zeitmessung des frei ausströmenden Gases begonnen und beendigt, und wenn sich in beiden Fällen für 0,1 Cubikfufs dieselbe Dauer ergab, so war anzunehmen, dafs inzwischen die Mündung keine erhebliche Aenderung erlitten hatte. Als Mittel aus mehreren solchen Reihen fand sich bei 7^m Druck das Verhältnifs der Geschwindigkeiten, wenn das Gas

frei,	brennend,	tönend ausströmte.
1	0,76	0,71

also nahe wieder dieselben Werthe, wie die erste Methode ergeben hatte.

Als endlich drei abgestimmte Röhren nach einander über dieselbe Flamme gesenkt wurden und die Töne \bar{c} \bar{e} \bar{g} hervorbrachten, war das Verhältnifs der Geschwindigkeiten der Röhren $\bar{c} : \bar{e} : \bar{g}$ wie 1 : 0,94 : 0,88, und eine ähnliche Abnahme zeigte sich, als durch eine kleinere Flamme die Röh-

ren $\bar{o} \bar{y} \bar{c}$ angeblasen wurden; es nimmt also mit wachsender Tonhöhe die Ausflusgeschwindigkeit ab.

Die vorstehenden Erfahrungen führen zu dem Schluss, daß der im Innern einer Flamme befindliche Gaskern durch seine erhöhte Expansivkraft auch gegen das nachströmende Gas drängt und dessen Ausfluß verzögert. Diese Wirkung nimmt zu, wenn das Ausflußrohr sich ebenfalls erhitzt, und wie eine nach unten verlängerte Flamme dem durchströmenden Gase eine erhöhte Temperatur und Spannkraft theilt. Während daher durch die Flamme auf einem schlechten Wärmeleiter, wie Glas, die Geschwindigkeit der Ausströmung um 25 Proc. verringert wird, steigt die Verzögerung bei einem Metallrohr auf 44 Proc. Ein Schornstein beschleunigt den Ausfluß wieder um etwa 6 Proc., weil der vermehrte Luftzug dem expandirenden Gaskern mehr Raum nach oben schafft, als die freie Flamme; dagegen wird in der chemischen Harmonika die Geschwindigkeit vermindert, weil neben der Hitze der Flamme auch die Luftschwingungen hemmend auf die Ausströmung wirken, und zwar desto mehr, je höher der Ton liegt.

VIII. Ueber das höchste Schwefelarsenik; von H. Rose.

Vor Kurzem zeigte ich an einigen Eigenschaften der beiden Schwefelverbindungen des Zinns ¹⁾, daß man die höhere Schwefelungsstufe dieses Metalls als eine bestimmte Verbindung betrachten müsse, während die höheren Schwefelungsstufen des Arseniks und des Antimons eben so gut für Gemenge von Schwefel mit einer niederen Schwefelverbindung als für chemische Verbindungen gehalten wer-

1) Pogg. Ann. Bd. 106, S. 652.

den können. Die Ansichten der Chemiker über letztere sind getheilt; die meisten aber halten sie für bestimmte Verbindungen, offenbar wohl, weil sie die ausgezeichnetsten Schwefelsalze bilden, die wir überhaupt kennen.

Neuerlich hat aber Ludwig (und früher schon Wackenroder) durch Versuche bewiesen, daß das höchste Schwefelarsenik ein Gemenge von $\text{AsS}^3 + 2\text{S}$ seyn müsse¹⁾. Leitet man nämlich durch eine wässrige Lösung von Arseniksäure Schwefelwasserstoffgas, so findet zuerst eine Abscheidung von Schwefel statt und dann erst bildet sich das Schwefelarsenik AsS^3 .

Diese Thatsache ist vollkommen richtig. Wenn man durch eine wässrige Lösung von Arseniksäure nur kurze Zeit Schwefelwasserstoffgas leitet, so wird die Flüssigkeit milchig durch sich ausscheidenden Schwefel, der aber außerordentlich lange suspendirt bleibt und sich nur mit der größten Schwierigkeit filtriren läßt. Man muß die Flüssigkeit viele Tage hindurch stehen lassen und öfters erhitzen, während welcher Zeit die Menge des ausscheidenden Schwefels sich vermehrt, um durch Filtriren denselben abtrennen zu können. Er enthält nur sehr wenig Schwefelarsenik, das durch Ammoniak aus dem Schwefel ausgezogen werden kann, während er selbst sich nicht in demselben auflöst. In der vom Schwefel abfiltrirten Flüssigkeit kann man neben sehr vieler Arseniksäure die Gegenwart von arsenichter Säure vermittelst salpetersauren Silberoxyds finden, indem man sie mit Ammoniak übersättigt, salpetersaures Silberoxyd hinzufügt, worauf nach Abfiltrirung des ungelösten Schwefelsilbers die ersten Tropfen von Salpetersäure einen unreinen gelben, die folgenden aber einen rothbraunen Niederschlag geben²⁾. Leitet man darauf nach

1) Archiv der Pharmacie, 2. Reihe, Bd. 97, S. 32.

2) Rein gelb erhält man den Niederschlag des arsenichtsauen Silberoxyds aus der Flüssigkeit auf folgende Weise: Man setzt zu der vom Schwefel filtrirten Flüssigkeit salpetersaures Silberoxyd im Ueberschuß, wodurch neben Schwefelsilber auch mehr oder weniger arseniksaures Silberoxyd fällt, das man durchs Filtriren abscheidet. Man fügt darauf so viel Ammoniak zur Flüssigkeit, daß sie noch sauer auf Lackmuspapier

Abscheidung des Schwefels durch die abfiltrirte Flüssigkeit sehr schnell kurze Zeit hindurch Schwefelwasserstoffgas, so fällt Schwefelarsenik. Wenn dasselbe schnell durch Filtration von der Flüssigkeit getrennt wird, so zeigt es alle Eigenschaften des Schwefelarseniks AsS^3 ; es giebt nämlich, mit kohlelsaurem Alkali geschmolzen, einen starken Spiegel von Arsenik¹⁾. Nach Abscheidung des Schwefelarseniks fängt wiederum die Flüssigkeit langsam durch sich ausscheiden den Schwefel an sich zu trüben, und so kann man durch zweckmäßiges Durchleiten des Schwefelwasserstoffgases aus einer Lösung von Arseniksäure abwechselnd Schwefel und das Schwefelarsenik AsS^3 abscheiden.

Das Schwefelarsenik AsS^5 ist also eine Mischung von Schwefel und dem Schwefelarsenik AsS^3 . Etwas Aehnliches muß auch aus Analogie bei dem Schwefelantimon SbS^5 angenommen werden. Obgleich Niemand in den Schwefelsalzen des Arseniks und des Antimons die Existenz der Sulfide AsS^5 und SbS^5 läugnen wird, so können diese in isolirter Form eben so wenig bestehen, wie die unterschweflichte Säure, welche mit Basen verbunden, eine Reihe von krystallisirten Salzen darstellt, aber im reinen Zustand oder in ihrer Verbindung mit Wasser nicht bestehen kann.

Wie die höchsten Schwefelungsstufen des Arseniks und des Antimons, so sind gewifs noch andere Niederschläge, welche durch Schwefelwasserstoffgas erzeugt werden, nicht chemische Verbindungen, sondern Gemenge nach bestimmten Verhältnissen. Wenn man Schwefelwasserstoffgas durch eine Lösung von selenichter Säure leitet, so erhält man bekanntlich einen gelben Niederschlag, der beim Erhitzen der Flüssigkeit oder durch Stehen dunkelgelb und roth wird. Auch durchs Trocknen erhält er diese Farbe. Dafs dies kein Sulfid,

reagirt; es scheidet sich dadurch ein aus arseniksaurem und arsenichtsauerm Silberoxyd gemengter Niederschlag ab; die davon abfiltrirte Flüssigkeit giebt durch Sättigung mit Ammoniak einen rein gelben Niederschlag von arsenichtsauerm Silberoxyd.

1) Pogg. Ann. Bd. 90, S. 569.

sondern ein gleichzeitig gefälltes Gemenge von 2 Atomen Schwefel und 1 Atom von Selen ist, ergiebt sich daraus, daß es in Ammoniak unauflöslich ist. Der braune Niederschlag hingegen, der in einer Lösung von tellurichter Säure in Chlorwasserstoffsäure durch Schwefelwasserstoffgas erzeugt wird, ist Tellursulfid und in Ammoniak löslich ¹⁾).

IX. *Platinerz von Goenoeng Lawack auf Borneo;*
von Prof. S. Bleekrode zu Delft.

Dieses Erz zeigte nach dem Ansehen keinen Unterschied von dem früher untersuchten (Annal. Bd. 103, S. 656). Gold aber war darin *nicht* enthalten, in Folge der Ausscheidung durch Quecksilber, wie sich schon durch das unbewaffnete Auge überzeugen liefs. Der Gehalt an lebendem Quecksilber war ungefähr $\frac{2}{3}$ Procent.

Diese Probe war hauptsächlich von der Niederländischen *Handel-Maatschappy* eingeführt. Zur Untersuchung der etwaigen Einmischung von *magnetischem Platinerz*, wovon früher die Rede war, schied ich aus 68,22 Grm. Erz mit einem starken Magnete 1,52 Grm. magnetisches Erz oder 2,22 Proc. aus.

Die Analyse nach der Claus'schen Methode von einem Loth oder 10 Grm. des natürlichen Erzes ergab:

- 1) Ludwig bemerkt, daß die arsenichte Säure, auf Eisenblech erhitzt, keinen Knoblauchgeruch verbreitet. Diefß ist indessen allerdings der Fall, obgleich der Geruch nicht sehr stark ist. Das Eisenblech muß eine rein metallische Oberfläche haben und stark rothglühend seyn, wenn man die arsenichte Säure darauf streut.

In Salzsäure aufgelöst	{	Quecksilber	0,658
		Eisenoxyd u. Oxyde	0,420
		Osmium	0,480
		Platin	71,870
		Iridium	7,920
		Palladium u. Rhodium	1,286
		Eisen	5,866
		Kupfer	0,430
Unauflösliches	{	Osmium etc.	8,430
		Mineralien	2,240
		Verlust	0,400
			<hr/> 100.000.

Das *Osmium* ward nach Berzelius' Methode abdestillirt; das spec. Gewicht vom auflösliehen Residuum war 7,13.

Die Resultate dieser Analyse stimmen im Ganzen genommen mit den früheren überein.

Die 1,52 Grm. magnetisches Platinerz wurden einer näheren Analyse unterworfen. Wiewohl die Quantität geringer war und ich noch etwas davon zurückzuhalten wünschte, zur Vergleichung mit Platinerz von andern Localitäten, so war das Resultat interessant genug um mitgetheilt zu werden. Von den 1520^{mgr} wurden durch Salzsäure 18 aufgelöst, wovon 14,4 Eisenoxydul, das übrige Quecksilber war. 720^{mgr} liefen nach wiederholtem Kochen mit Königswasser 12,5 Proc. unauflöslichen, magnetischen *Chromeisensand* zurück, wie ich mich durch die Löthrohrproben überzeugte. Dieses abgerechnet, so war die Zusammensetzung des *magnetischen Platinerzes von Borneo*:

Platin	75,71
Eisen	12,88
Kupfer	0,36
Iridium, Palladium	11,05
Osmium	

Ich schätze den Gehalt an Iridium auf 8,76.

Vergleichen wir nun diese Analyse mit der von Berzelius (diese Ann. Bd. XIII, S. 562) für magnetisches

Platinerz von *Nischne-Tagilsk*, so erhalten wir, nach Reduction

Platin 75,31

Eisen 13,20,

womit also meine vorläufige Untersuchung übereinstimmt.

X. *Notiz über den Meteoriten von Clarac; vom Freiherrn von Reichenbach.*

Vor Kurzem haben wir ein neues Kind über die Taufe gehalten, es ist in Südfrankreich am 9. Dec. v. J. ein Meteorit erschienen und es sind zwei Stücke davon, eins in Clarac (Klarwasser) und eins in Ausson aufgehoben worden. Ersteres wog 40 Pfd. und letzteres 19 Pfd. Sie waren sichtlich von demselben Phänomen, das unter den gewöhnlichen Umständen mit Feuer, Donner und Zerspringen niederging.

Von beiden habe ich sogleich Musterstücke empfangen, Eins von Ausson durch die Gefälligkeit des Hrn. Petit, Directors der Sternwarte zu Toulouse, das Andere von Clarac durch die gütigen Bemühungen des Hrn. Ami Boué und seiner Verwandten in Südfrankreich.

Der neue Ankömmling ist im Bruche weißlich und zieht nur wenig ins Grauliche. Er ist ganz erfüllt von hellgrauen Kügelchen und zeigt, wenn er angeschliffen wird, ziemlich reichlich metallisches Eisen in ungleicher Vertheilung. Er gehört also zu der Gruppe von Benares, Utrecht, Little Piney, La Baffe und bringt uns keine neue Zeitung vom Himmel, indem wir seines Gleichen schon genau ebenso und in mehrfacher Anzahl besitzen. Er dient der Wissenschaft also nur als neue Bestätigung der merkwürdigen Beobachtung, daß Meteoriten von bis zum Verwechselln gleicher Beschaffenheit zu ganz verschiedenen Zeiten und in den

entferntesten Ländern niederfallen. Benares ist im Jahre 1798, also vor 60 Jahren in Ostindien gefallen; Utrecht fiel 1843, also vor 16 Jahren in Holland; zwischen beiden findet Clarac und Ausson seinen Platz.

Zusatz. Die *Comptes rendus* (T. 47, p. 1053 u. T. 48, p. 193, 267, 348, 446 u. 479) geben ausführlichere Nachrichten über den ebengenannten Meteorstein. In demselben wird er immer als der Aërolith von *Montréjeau* (nicht *Montrejean*, wie anfangs stand) aufgeführt, weil er in der Nähe dieses an der Garonne (*Departm. de la Haute-Garonne*) gelegenen Städtchens niederfiel. Die HH. G. Chancel und A. Moitessier haben ihn nach der Rammelsberg'schen Methode untersucht, und geben als Endresultat ihrer Analyse an:

Magnet. Theil ¹⁾	10,04	
Chromeisen	0,67	
Einfach-Schwefeleisen	4,72	
Peridot	45,08	
Labrador	8,34	oder {
Hornblende	29,17	
		Oligoklas 10,99
		Augit 26,53

Das spec. Gewicht fanden sie = 3,50 bei 6° C. Die HH. Filhol und Leymerie geben ein etwas davon abweichendes Resultat. Letzterer fand das spec. Gewicht = 3,39 bei 10° C. P.

1) Bestehend aus 8,36 Eisen, 1,56 Nickel, 0,07 Phosphormetallen und 0,05 Schwefeleisen.